



## Talotekniikan tietomallinnuksen käyttö rakennushankkeissa

Heikki Penninkangas

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

## ALKUSANAT

Haluan esittää suuret kiitokseni opinnäytetyöni ohjaajille diplomi-insinööri Jaakko Etolle (Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu) ja diplomi-insinööri Juha Fromille (Lemminkäinen Talotekniikka Oy) työn tekemisen aikana saamastani palautteesta ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työtäni varten haastattelemani henkilöitä heidän ajatuksistaan ja ajastaan.

Ystävilleni ja kämppiksilleni haluan lausua kiitokseni jatkuvasta kannustuksesta ja tuesta työn aikana. Kiitos myös Tuomolle nauhurin lainasta ja Joonakselle hyvistä vinkeistä.

Oulussa 8.12.2013

Heikki Penninkangas

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Heikki Penninkangas
Opinnäytetyön nimi:	Talotekniikan tietomallinnuksen käyttö rakennushankkeissa
Sivuja (joista liitesivuja):	64 (15)
Päiväys:	4.12.2013
Opinnäytetyön ohjaajat:	DI Jaakko Etto DI Juha From
<p>Opinnäytetyö tehtiin Lemminkäinen Talotekniikka Oy:lle. Työssä tutkittiin taloteknisten järjestelmien suunnittelua tietomallintamalla ja kerättiin tietoa mallien käytöstä rakennushankkeissa. Tavoitteena oli kerätä tietomallien käyttäjiltä kokemuksia ja kehitysideoita. Tietomallinnus on uusi asia rakennusalaalla ja sen käytöstä ei ole saatu palautetta. Tutkimuksen kohteena käytettiin Lemminkäinen PPP:n elinkaarihankkeita.</p> <p>Työssä käsitellään tietomallintamisen suunnitteluprosessia ja sen vaiheita. Lisäksi esiteltiin tietomallien suunnitteluun ja tarkastamiseen käytettäviä ohjelmia. Työssä kerrottiin tietomallinnuksen historiasta Lemminkäisellä ja analysoitiin sen etuja ja siitä koituvia kustannuksia.</p> <p>Tutkimus toteutettiin haastattelemalla tietomallinnuksen kanssa työskenteleviä henkilöitä, eli tietomalliasiantuntijoita, suunnittelijoita, projektipäälliköitä ja asentajia. Haastateltaville lähetettiin kysymykset etukäteen. Haastattelut nauhoitettiin ja niiden perusteella laadittiin yhteenveto. Haastatteluiden avulla saatiin paljon tietoa, jota ei ole saatavilla kirjallisessa muodossa, koska ala on niin uusi.</p> <p>Talotekninen tietomallinnus on selkeästi kasvava ja tulevaisuudessa lisääntyvä tapa suunnitella rakennushankkeita. Onnistunut suunnitteluprosessi vaatii koko suunnitteluryhmän sitoutumista tietomallihankkeeseen. Tietomallinnus on hyvässä maineessa rakennusalaalla. Se on tullut jäädäkseen ja on monien mielestä ainoa oikea tapa tehdä suunnittelua. Työssä kerättyjä kehitysideoita voidaan käyttää toimintatapojen kehittämiseen.</p>	
Asiasanat: tietomalli, talotekniikka, sähkösuunnittelu, 3D-mallinnus.	

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Electrical Engineering
Author:	Heikki Penninkangas
Thesis title:	Use of Building Information Models (BIM) in Building Service Engineering Projects
Pages (of which appendixes):	64 (15)
Date:	4 December 2013
Thesis instructor(s):	Jaakko Etto, MSc (El.Eng) Juha From, MSc
<p>The bachelor thesis was made for Lemminkäinen talotekniikka Ltd. In the thesis, research in the planning of the technical building systems with the aid of Building Information Models was studied additionally the information of using BIM in construction projects was collected. The goal was to collect experiences in using BIM and development ideas from the BIM users. BIM is a new principal in construction field and there is no feedback in using it. The target of the research was Lemminkäinen PPP Ltd public-private partnership (PPP) projects.</p> <p>The thesis deals with BIM design process and its phases. In addition, BIM planning and inspection software were introduced. In the thesis, the history of the BIM in Lemminkäinen was described and the benefits and costs of the system were analyzed.</p> <p>The research was carried out by interviewing the people who work with BIM (experts, designers, project managers and fitters). Questions were sent to the interviewees in advance. Interviews were recorded and based on interviews, the conclusions were made. With the help of the interviews, a plenty of information was got which is not available in written form because the field is so new.</p> <p>BIM in the technology of building systems is clearly growing and use of it will increase in planning construction projects in future. A successful planning process demands that whole Design Team participates in the BIM project. BIM has good reputation in construction industry. It is here to stay and many people in the industry say that BIM is the only right way to do the planning. The ideas that have been collected to this thesis can be used in the developing of the action.</p>	
Keywords: BIM, technical building systems, electrical wiring design, 3D-modelling	

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 TIETOMALLI .....	10
2.1 Tietomallinnuksen vaiheet .....	10
2.1.1 Rakennushankkeen käynnistys .....	10
2.1.2 Ehdotussuunnittelu .....	11
2.1.3 Yleissuunnittelu .....	11
2.1.4 Toteutussuunnittelu .....	12
2.1.5 Tietomallien hyödyntäminen työmailla .....	13
2.1.6 Kohteen vastaanotto .....	14
2.2 Talotekniikan tietomallin suunnitteluvaiheet .....	14
2.2.1 Ehdotus- ja yleissuunnittelu .....	14
2.2.2 Toteutussuunnittelu .....	17
2.2.3 Tietomalliselostus .....	18
2.3 Tietomallinnuksen historia Lemminkäisellä .....	18
2.4 Tietomallinnuksen ja 3D-suunnittelun ero .....	20
2.5 Tietomallinnuksen edut ja hyödyt .....	23
2.6 Tietomallinnuksen kustannukset .....	25
3 TALOTEKNIIKAN TIETOMALLIEN SUUNNITTELU .....	27
3.1 Käytettävät ohjelmistot .....	28
3.1.1 MagiCAD .....	28
3.1.2 Solibri Model Checker .....	29
3.1.3 Nawisworks Simulate .....	29
3.2 Talotekniikan suunnittelualat .....	30
3.2.1 Lämmitys- ja vesijohtojärjestelmien tietomallit .....	32
3.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmien tietomallit .....	33
3.2.3 Sähköjärjestelmien tietomallit .....	34
4 TIETOMALLIEN KÄYTTÖKOKEMUKSET .....	37

4.1	Elinkaarimalli .....	37
4.2	Rakennushankkeet .....	38
4.3	Käyttökokemukset .....	39
4.4	Kehitysideat.....	46
5	POHDINTA .....	47
LÄHTEET .....		48
LIITTEET.....		49

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. Mahdollistaa tiedonsiirron eri tietokonesovellusten välillä sisällön muuttumatta.
3D	Kolmiulotteinen
2D	Kaksiulotteinen
TATE	Talotekniikka
COBIM	Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittämishanke.
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Mallinnusohjeet tietomallien suunnittelua varten.
RT-kortti	Rakennustiedon julkaisemia ohjeita ja säännöstöjä sisältäviä rakentamisen ohjeita.
RYM	Kiinteistö- ja rakennusalan kehitysyhtiö.
PRE	Built Environment Process Re-engineering. Tietomallintamisen kehitysohjelma.
REVIT-MEP	Autodeskin tietomallinnusohjelma.

## 1 JOHDANTO

Talotekniikan tietomallien käyttö on yleistynyt viime vuosina rakennusosalalla. Kehitys näyttäisi jatkuvan positiivisena tulevaisuudessakin. Talotekniikan suunnittelutoimistoissa ollaan enenevässä määrin siirtymässä suunnitelmien tekemiseen kolmiulotteisena tietomallintamisena. Kun suunnitteluvaiheessa rakennushankkeesta on luotu tietomalli, on sen käyttö rakentamisvaiheessa luontevaa ja kannattavaa kohteen toteutuksen kannalta. Rakennuksen tietomalli on rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen digitaalinen kokonaisuus.

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen tarkoituksena on kerätä tietomallinnuksen käyttökokemuksia Lemminkäinen Talotekniikka Oy:n rakennushankkeista. Tutkimuskohteina käytetään viittä elinkaarimallin mukaista rakennushanketta, joista neljä sijaitsee Kuopiossa ja yksi Oulussa. Lemminkäinen suunnittelee kaikki elinkaarihankkeensa tietomallintamalla, koska se hoitaa kiinteistöjen ylläpidon 25 vuoden ajan valmistumisen jälkeenkin. Tietomallinnuksen käyttö talotekniikan urakoinnin apuvälineenä on uusi asia ja sen käytöstä ei ole vielä paljoakaan kokemusta.

Työssä kerätään palautetta, kokemuksia ja kehitysideoita talotekniikan suunnittelijoilta, työnjohtajilta ja asentajilta. Aineistoa kerätään myös Lemminkäisen tietomallinnusasiantuntijoilta, projekti-insinööreiltä ja kehityspäälliköiltä. Työ toteutetaan avoimilla haastatteluilla, joiden perusteella laaditaan yhteenveto.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa yhteenveto siitä, kuinka tietomallinnus vaikuttaa talotekniikan suunnitteluun, kuinka tietomalleja on tähän mennessä käytetty hyödyksi ja mitä mieltä tietomallintamisesta ollaan työmailla. Työn avulla voidaan kehittää toimintatapoja ja jakaa hyväksi havaittuja keinoja tietomallien käytössä yrityksen sisällä. Idea työhön lähti ajatuksesta kehittää tietomallien kanssa työskentelyä tehokkaammaksi. Työssä keskitytään pääosin taloteknisten järjestelmien, eli LVIS-järjestelmien mallinnukseen. Arkkitehti- ja rakennemalleja käsitellään yleisellä tasolla.

Työn ensimmäisessä osassa käsitellään tietomallinnusta yleisesti, sen suunnittelua, historiaa, etuja ja kustannuksia. Toisessa osassa kerrotaan käytettävistä ohjelmista ja talotekniikan suunnittelualoista. Viimeinen osa koostuu käyttökokemuksista ja kehitysideoista.



Lemminkäinen talotekniikka Oy on talotekniikan urakointi- ja ylläpitopalveluja tarjoava yritys. Yritys työllistää noin 1630 alan ammattilaista ja kuuluu osana Lemminkäinen Oyj konserniin. Yrityksen tyypillisiä urakointikohteita ovat liike- ja toimistorakennukset, asuinkerrostalot sekä julkiset rakennukset. Lemminkäinen Talotekniikka Oy tarjoaa palveluja myös teollisuuden tarpeisiin. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2012 noin 230 miljoonaa euroa.

## 2 TIETOMALLI

Rakennuksen tietomalli on rakennushankkeiden ja rakennuksien koko elinkaaren pituisten tiedostojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomallin avulla on mahdollista tarkastella rakennusta virtuaalisesti ennen varsinaista toteutusta ja simuloida kohteelle asetettuja tavoitteita.

Kiinteistöjen ja rakennuksien mallinnuksen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin valmistuttua. (YTV osa 4, 2012, 5)

### 2.1 Tietomallinnuksen vaiheet

Kiinteistön suunnitelmien toteuttaminen tietomallintamalla on laaja suunnitteluprosessi. Siihen osallistuvat kaikki suunnittelualue, eli arkkitehti-, rakennesuunnittelija ja talotekniikan toimialojen suunnittelijat. Tässä osiossa käydään läpi yleisesti tietomallin suunnitteluvaiheet. Koska työssä keskitytään pääosin talotekniikan mallinnukseen, ne esitellään myöhemmin omassa osiossaan.

#### 2.1.1 Rakennushankkeen käynnistys

Tarveselvitysvaiheessa kartoitetaan kiinteistön omistajan sekä tulevan käyttäjän tarpeet ja tavoitteet. Selvitysten perusteella arvioidaan vaihtoehtot ja päätetään, kuinka edetään tavoitteiden saavuttamiseksi. Tarveselvitysvaiheessa tietomallilla on harvoin geometrista muotoa. Sen sijaan laaditaan vaatimusmalli, joka on yleisesti taulukkomuodossa oleva tilaohjelma. Tilamallin tulee sisältää kaikki suunnittelun vaatima tieto tilojen pinta-aloista, käyttötarkoituksista, erityisvaatimuksista ja käyttäjän asettamista vaatimuksista. Vaatimusmallissa voidaan esittää esimerkiksi koko rakennusta koskevia tavoitteita, kuten kokonaisenergiankulutusta, lämmitysenergian kulutusta yms. (YTV osa 1, 2012, 11,12)

Tilaohjelmaa tulee ylläpitää sähköisessä muodossa siten, että sen avulla voidaan verrata suunnitelmaa annettuihin vaatimuksiin. (YTV osa 1, 2012, 11,12)

### **2.1.2 Ehdotussuunnittelu**

Ehdotussuunnitteluvaiheessa haetaan sopivinta perusratkaisua alustavalla tasolla olevilla vaihtoehtoisilla suunnitelmilla ja käydään läpi erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja. Arkkitehti suunnittelee ja mallintaa kohteen tiloja, rakennuksen massoittelua ja kohteen ulkoasua riittävällä tarkkuudella päätöksentekoa varten. (YTV osa 1, 2012, 13 - 15)

Rakennesuunnittelija laatii alustavan rakennusosamallin arkkitehtimallin perusteella. Talotekniikan suunnittelijat laativat alustavat järjestelmämallit, joissa kuvataan eri järjestelmien pääreitit, tilaa vievät kanavat ja johtoreitit. Lisäksi talotekniikan tietomallitehtäviä tässä vaiheessa ovat palvelualuekaaviot, mallihuoneet, 2D-leikkaukset ja tilavaraukset. Palvelualuekaavioilla tarkoitetaan esimerkiksi iv-koneiden vaikutusalueita tai ryhmäkeskusten jakelualueita. (YTV osa 1, 2012, 13 - 15)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tehdään myös pinta-aloihin ja tilavuuksiin perustuvia kustannusarvioita joiden perusteella vaihtoehtojen investointikustannuksia voidaan vertailla. Näiden lisäksi mallista tehdään alustavia energia-analyysyjä ja elinkaarikustannusarvioita. (YTV osa 1, 2012, 13 - 15)

Ehdotussuunnitteluvaiheen malleja tulee käyttää havainnollistamiseen, koska niiden avulla kaikille hankkeen osapuolille muodostuu yhtenäinen käsitys suunnitelmavaihtoehtoista. (YTV osa 1, 2012, 13 - 15)

### **2.1.3 Yleissuunnittelu**

Luonnossuunnitteluvaiheessa aletaan kehittää aiemmassa vaiheessa valittua perusratkaisua, joka on olemassa arkkitehtimallina. Tässä vaiheessa ehdotussuunnitteluvaiheessa päätetyt tilaajan toiveet on päivitetty tilamalliin. (YTV osa 1, 2012, 15,16)

Arkkitehti kehittää valittua suunnitelmavaihtoehtoa alustavaksi rakennusosamalliksi. Rakennesuunnittelija varmistaa tässä vaiheessa tietomallin avulla rakennejärjestelmän

mitoitukset, vaatimukset ja vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Talotekniikan suunnittelijoiden tulee varmistaa tietomallin avulla järjestelmiensä tilantarpeet ja riittävät tilavaraukset. (YTV osa 1, 2012, 15,16)

Kaikkien suunnittelijoiden malleja tulee voida käyttää suunnitelmien yhteensovittamiseen. Yleissuunnitteluvaiheessa havainnollistamisen mahdollisuudet ja mallien tarkkuus kasvaa. Tarvittaessa voidaan tehdä myös tarkempia havainnollistuksia, mikäli jonkin asian päätöksenteko sellaista vaatii. (YTV osa 1, 2012, 15,16)

Eri suunnittelualojen mallien yhdistäminen ja tarkastaminen tulee aloittaa jo yleissuunnitteluvaiheessa. Näin syntyvällä yhdistelmämallilla tehdään vähintään rakenteiden ja järjestelmien tilantarpeiden törmäystarkastelut. Tähän työhön käytetään erityisesti mallin tarkasteluun suunniteltuja ohjelmia, kuten Solibri Model Checker. (YTV osa 1, 2012, 15,16)

Luonnosvaiheen malleilla voidaan täydentää aiemmin laadittuja kustannusarvioita. Tilaluokkien ja pinta-alojen perusteella laadittua tilapohjaista kustannusarviota täydennetään eri suunnittelualojen materiaaliluetteloista saatavilla määrätiedoilla. Tilaluokkien ja pinta-alojen perusteella voidaan laatia energia-analyysyjä, joita täydennetään kohteen ulkovaipan perusteella. (YTV osa 1, 2012, 15,16)

#### **2.1.4 Toteutussuunnittelu**

Toteutussuunnitteluvaiheen menettely ja työjärjestys ovat samanlaiset kuin yleissuunnitteluvaiheenkin, mutta suunnittelun tarkkuustaso kasvaa huomattavasti. Kaikki suunnitelmat tarkennetaan urakkatarjouspyyntöjen edellyttämään tarkkuustasoon ja mallit tarkentuvat yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla. Tietomallien avulla tehtävä visualisointi ja analyysit tukevat kommunikointia ja päätöksentekoa. Toteutussuunnitteluvaiheen lopussa toteutussuunnitelmat hyväksytään sellaisessa laajuudessa, että voidaan siirtyä rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen ja urakkatarjouskyselyihin. (YTV osa 1, 2012, 17,18)

Toteutussuunnitteluvaiheen päättyessä arkkitehtimallin on oltava ns. rakennusosamalli. Se sisältää rakennusosat siinä muodossa kuin ne on tarkoitus toteuttaa. Rakennusosa-

malli toimii pohjana kaikkien muiden suunnittelualojen malleille. Rakennesuunnittelijan ja talotekniikan suunnittelijoiden mallien tulee vastata arkkitehtimallia. Kaikkien suunnittelualojen malleja tulee voida käyttää määrälaskennassa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa. (YTV osa 1, 2012, 17,18)

Toteutussuunnitteluvaiheessa mallien tiedot mahdollistavat usein varsin korkeatasoista havainnollistamista, joten sitä voidaan käyttää huomattavasti aiempia vaiheita paremmin esimerkiksi esiteltäessä kohdetta tilaajalle. (YTV osa 1, 2012, 17,18)

Eri suunnittelualojen malleista muodostuvalla yhdistelmämallilla tehdään tässä vaiheessa esimerkiksi TATE-järjestelmien törmäystarkasteluja, järjestelmien ja rakenteiden törmäystarkasteluja, järjestelmille varattujen tilojen riittävyyden tarkasteluja ja reikä- ja varaussuunnittelua.

Tarkastetusta mallista voidaan tuottaa määräluetteloita, joita voidaan hyödyntää myös urakkatarjousvaiheessa. Toteutussuunnitteluvaiheessa mallien suunnittelutiedot ovat tarkentuneet niin paljon, että niiden avulla voidaan tehdä rakennuksen lopulliset energia-analyysit ja elinkaarikustannuslaskelmat. Näitä voidaan myöhemmin rakennuksen käytön aikana verrata todelliseen toteumaan. (YTV osa 1, 2012, 17,18)

### **2.1.5 Tietomallien hyödyntäminen työmailla**

Merkittävin tietomallien hyödyntämistapa erilaisissa käyttötilanteissa on mallien visuaalisuus. Tärkeimpiä käyttökohteita ovat:

- kohteeseen perehtyminen
- rakenteisiin perehtyminen
- työjärjestysten suunnittelu
- töiden yhteensovittaminen. (YTV osa 1, 2012, 19)

Toinen suuri tietomalleista saatava hyöty on määrälaskenta. Tämä edellyttää kuitenkin, että mallinnus on tehty oikein ja virheettömästi. Tietomallista saa tarvittaessa muuttamalla napin painalluksella valmiita määräluetteloita suunnittelualakohtaisesti. Tämä vähentää merkittävästi päällekkäistä työtä, mikä lisää tuottavuutta.

Kolmas tärkeä osa on tietomallipohjainen aikatauluttaminen. Sillä voidaan esimerkiksi täydentää tilaajalle annettavaa rakentamisaikataulua. Tietomalliin perustuvaa aikataulutusta käytetään usein esimerkiksi rungon ja rakenneosien sekä perustusten aikataulutuksessa. Sen sijaan esimerkiksi talotekniikan aikatauluttaminen mallin perusteella on huomattavasti haastavampaa johtuen siitä, että vaikka tiedetään taloteknisten laitteistojen tarkat määrät, ei voida tarkkaan määrittää niiden asentamiseen kuluva-aikaa. Talotekniikan asennuksista ei ole saatavissa yleispätevää eri komponenttien asentamiseen kuluvan ajan listausta. Työehtosopimuksissa määritetään eri komponenttien asennuksista saatava palkka, mutta ei siihen kuluva-aikaa. (YTV osa 1, 2012, 22)

### **2.1.6 Kohteen vastaanotto**

Tietomallinnushankkeen lopussa on ehdottoman tärkeä varmistaa, että rakennusvaiheen aikana suunnitelmien muutokset on viety malleihin, jolloin tietomallit vastaavat toteutunutta rakennusta. Kohteen lopullista tietomallia kutsutaan toteumamalliksi, eli as-built-malliksi. (YTV osa 1, 2012, 20)

Tällä hetkellä ei ole vielä juurikaan käytössä tietomallipohjaista huoltokirjaa mutta tulevaisuudessa sellaisia varmasti laaditaan ja käytetään.

## **2.2 Talotekniikan tietomallin suunnitteluvaiheet**

Talotekniikan tietomallisuunnittelu toteutetaan kahdessa vaiheessa. Suunnittelun alkuvaiheessa on tärkeää sopia heti eri alojen käyttämät reitit ja korot. Tämä helpottaa suunnitteluprosessia ja vähentää eri järjestelmien keskinäisiä törmäilyjä.

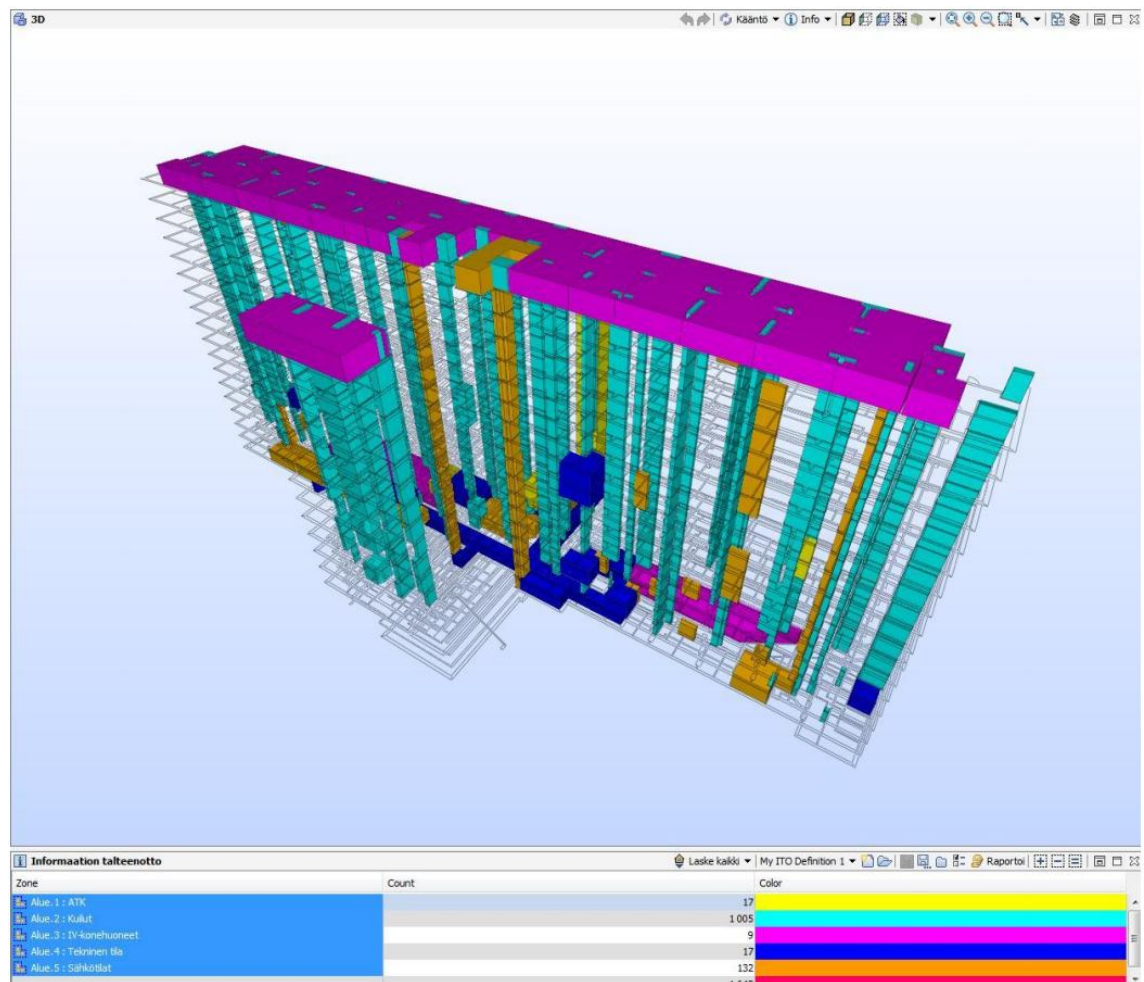
### **2.2.1 Ehdotus- ja yleissuunnittelu**

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe on muuta suunnittelua tukevaa suunnittelua. Tällöin ei vielä tuoteta kokonaisia järjestelmämalleja vaan keskitytään järjestelmävalintoihin, eri suunnittelualojen palvelualuekaavioihin ja taloteknisten järjestelmien vaatimiin tilavarauksiin. Näiden tietojen avulla tuotetaan riittävät tiedot arkkitehti- ja rakennemallien laatimiseksi. Ehdotussuunnitteluvaiheessa tehdään useita vaihtoehtoisia ratkaisuja taloteknisten järjestelmien toteuttamiseksi. (YTV osa 4, 2012, 7)

Ehdotus ja yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelijat varaavat tekniikalle tarvittavat tilat ja riittävät tilantarpeet huomioiden huoltoalueet sekä muut varaukset. Tietomallintamisen näkökulmasta talotekniikan tilavaraukset jaetaan kahteen osaan, joita ovat tilavaraukset ja tilat sekä vaakasuuntaiset kerrosverkostot.

### Tilavaraukset, tilat

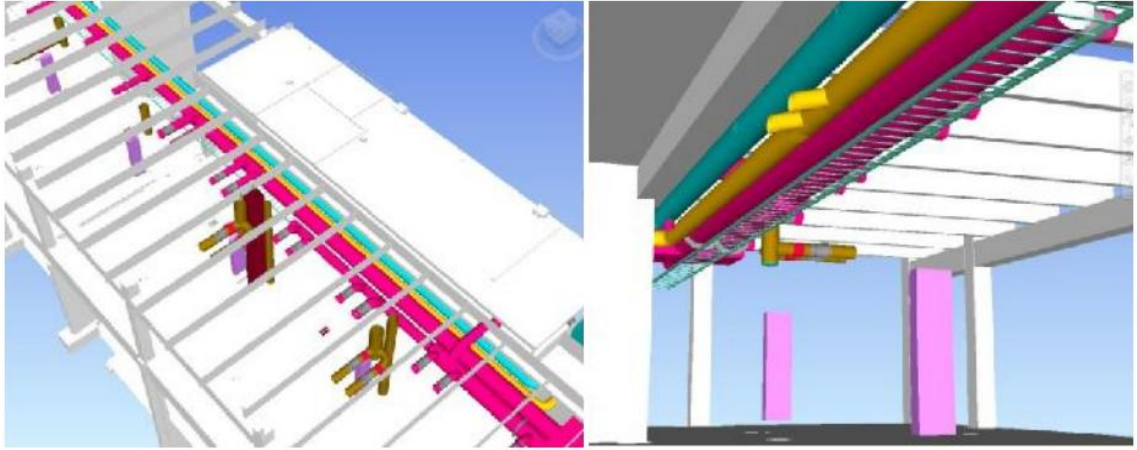
Talotekniikan suunnittelija ilmoittaa arkkitehdille arvionsa tilojen sijoitusalueesta ja tarvittavasta tilantarpeesta. Varaukset käydään läpi arkkitehdin kanssa normaalein suunnittelumetodein (kuva 1). (YTV osa 4, 2012, 14)



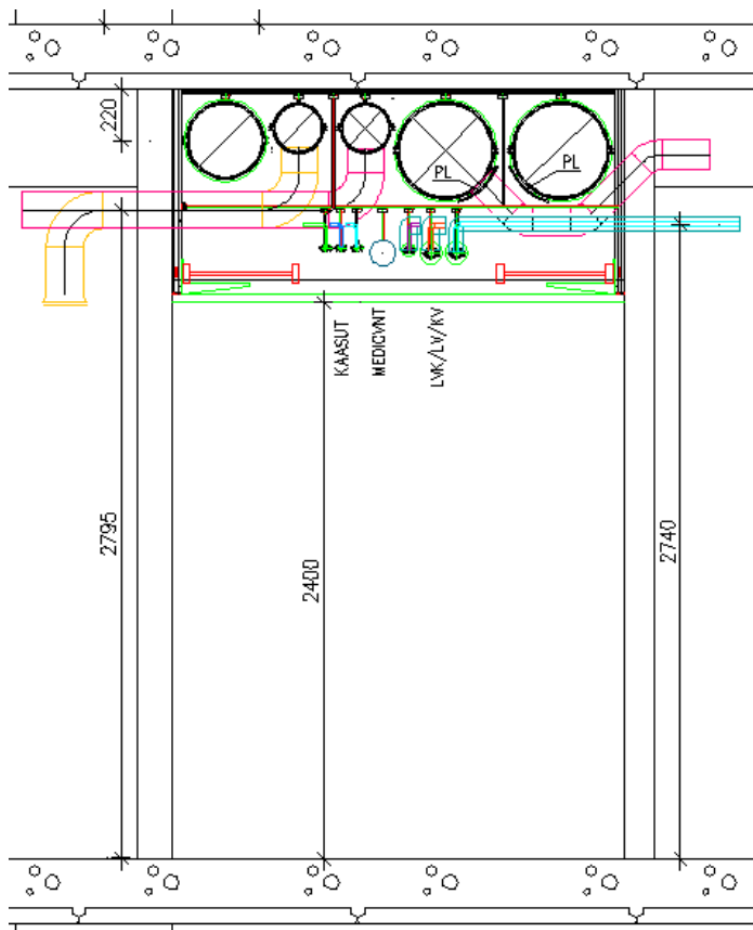
Kuva 1. Esimerkki tilavarausmallista. (YTV osa 4, 2012, 15)

### Vaakasuuntaiset kerrosverkostot

Talotekniikan suunnittelija mallintaa vaakasuuntaiset kerrosverkostot, joiden geometrian avulla on tarkoitus esittää pääreittien sijainti (kuva 2). Tarkemmat verkostojen sijainnit esitetään perinteisien 2D-yhteisleikkauksien avulla, joissa esitetään verkostojen kannakointi ja varmistetaan, että verkostot ovat huollettavissa ja asennettavissa (kuva 3). (YTV osa 4, 2012, 15)



Kuva 2. Vaakasuuntainen runkoverkko ja rakennemalli. (YTV osa 4, 2012, 16)



Kuva 3. Esimerkki 2D-leikkauksesta, jonka perusteella tehdään 3D-mallinnus. (YTV osa 4, 2012, 16)



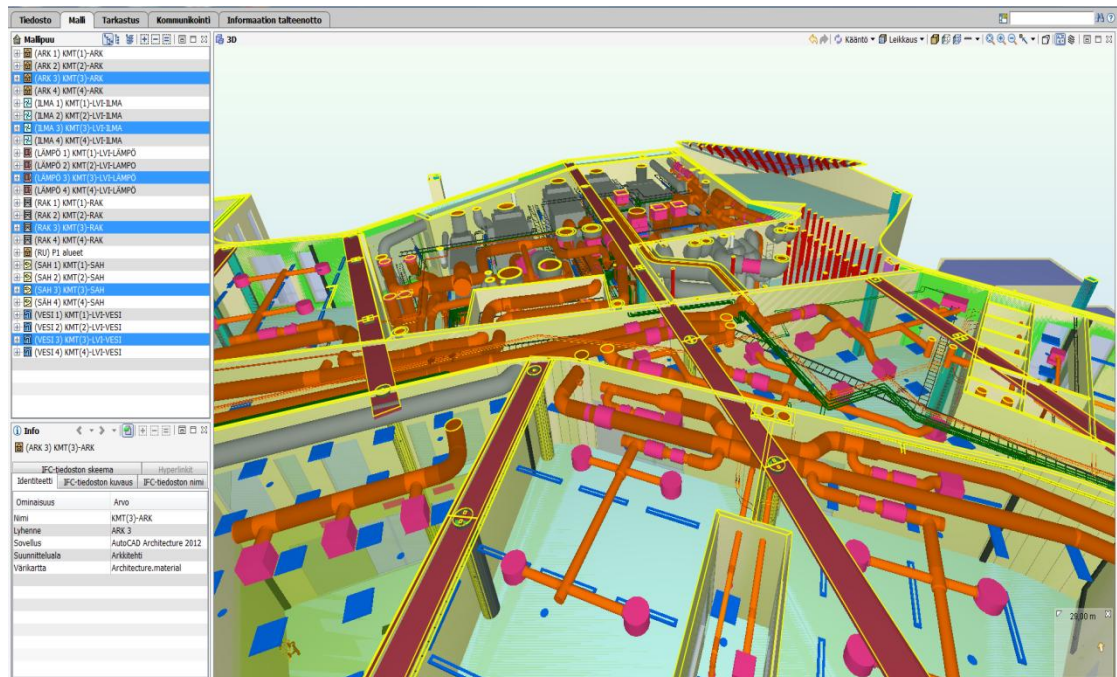
### 2.2.2 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa tehdään koko rakennuksen kattavat järjestelmämallit. Taloteknisiä pääjärjestelmiä ovat:

- vesi- ja viemärijärjestelmät
- ilmastointijärjestelmät
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- palonsammutusjärjestelmät
- erikoisjärjestelmät (esimerkiksi kaasuputkistot, paineilmaverkostot)
- sähkönjakelujärjestelmän komponentit (esimerkiksi muuntajat, virtakiskot)
- keskukset (myös rakennusautomaation keskukset)
- johtotiejärjestelmät
- valaistusjärjestelmät. (YTV osa 4, 2012, 20 - 28)

Yleinen toimintamalli mallinnushankkeissa on, että eri suunnittelijoiden malleista tehdään yhdistelmämalli, jolla voidaan tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja havainnollistaa suunnitelmia (kuva 4). Yhdistelmämallia voidaan käyttää esimerkiksi:

- tilavarausten tarkasteluun
- varattujen tilojen riittävyyden verifiointiin
- talotekniikan päätelaitteiden tutkimiseen osana rakennuksen arkkitehtuuria
- taloteknisten järjestelmien törmäystarkasteluihin
- talotekniikan ja rakennemallin tai arkkitehtimallin törmäystarkasteluun
- reikä- ja varaussuunnitteluun. (YTV osa 4, 2012, 31)



Kuva 4. Yhdistelmämallin tarkastelua. (Lemminkäinen PPP, 2013)

### 2.2.3 Tietomalliselostus

Mallinnusta tehtäessä yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheessa sekä rakennushankkeen aikana ylläpidetään dokumenttipohjaista tietomalliselostusta. Tietomalliselostus toimii eräänlaisena päiväkirjana mallinnuksen vaiheista. Selostuksessa kerrotaan ohjelmistot sekä niiden versiot, joita tietomallin tekemiseen on käytetty. Selostuksessa myös kerrotaan, mitä objekteja on mallinnettu ja millä tietosisällöillä sekä geometriatarkkuudella. Lisäksi kerrotaan käytettävät nimikkeistöt ja kuvatasot. Esimerkki tietomalliselostuksesta on liitteessä 1. (YTV osa 4, 2012, 7)

## 2.3 Tietomallinnuksen historia Lemminkäisellä

Lemminkäinen-konsernilla on pitkäkö historia tietomallinnuksesta. Aihetta on alettu tutkia 2000-luvun alkupuolella ja ensimmäiset kohteet, joissa tietomallinnusta on käytetty rakentamisen apuna, ovat valmistuneet vuonna 2005. Tietomallien käyttö on aloitettu 2004 kahdessa pilottikohteessa. Kyseiset kohteet ovat olleet eläinsairaala ja kaupakeskuksen laajennus. Tietomalleja on käytetty jo silloin määrälaskentaan ja rakenneosien aikataulutukseen. Arkkitehtimallit on kuitenkin jouduttu alkuvaiheessa tekemään

itse normaalien suunnitelmien pohjalta, koska suunnittelijoilta ei vielä tuolloin ole löytynyt ammattitaitoa ja ohjelmistoja tietomallisuunnitteluun, tai tietomalleja ei ole annettu urakoitsijan käyttöön. Rakennemallit on saatu suunnittelijoilta tai tilaajalta. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Tästä eteenpäin on toteutettu useita hankkeita, joissa mallinnusta on käytetty apuna kohteiden toteutuksessa. Tietomalleista on otettu määrälistoja laskentaa ja hankintaa varten, niiden avulla on aikataulutettu rungon asennuksia ja havainnollistettu asennuksia työmaalla. Tietomallin avulla on myös havainnollistettu kohdetta tilaajille ja muille hankkeen osapuolille. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Omalta osaltaan mallinnuksen kehitystä on vauhdittanut Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisema vaatimus, että kaikkien Senaatti-kiinteistöjen kohteiden suunnitelmat on toteutettava mallintamalla. Samalla se julkaisi ensimmäiset tietomallivaatimukset suunnittelua varten. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Noin vuonna 2009 on Lemminkäisellä tehty ensimmäiset yhdistelmämallit, eli samaan malliin on yhdistetty arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkamalli. Näillä yhdistelmämallilla ei ole vielä kuitenkaan pystytty tekemään varsinaisia törmäystarkasteluja. Silmämääräisiä tarkasteluja on tehty, mutta tarkastussäännöstöjä ei ole ollut olemassa. Ohjelmistojen kehittyessä on saatu käyttöön nykyiset mallin tarkastukseen käytettävät ohjelmat. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Noin vuodesta 2010 alkaen on suunnittelijoilta saatu tilaamalla ja suunnittelua ohjaamalla käyttöön käyttökelpoisia tietomalleja. Vuosina 2011–2012 toteutettiin COBIM-hanke, jossa Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemat tietomallivaatimukset päivitettiin ja uudistettiin. Lemminkäinen osallistui omalta osaltaan projektin rahoitukseen ja toteutukseen. Tuloksena julkaistiin Yleiset tietomallivaatimukset 2012-julkaisusarja, lyhennettynä YTV2012. Ohjeet ovat auttaneet erityisesti mallintavan suunnittelun tilaamisessa. Tämä ohjeistus on julkaistu myös RT-kortteina. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Lemminkäinen on mukana myös RYM Oy:n PRE-tutkimusohjelmassa, jonka tavoitteena on luoda kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle täysin uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja. Ohjelma käynnistyi vuonna 2010 ja päättyy huhtikuussa 2014. PRE-

ohjelmassa on mukana 43 osapuolta, 37 yritystä ja 6 tutkimuslaitosta. Ohjelma koostuu kuudesta temaattisesta työpaketista. Lemminkäinen Talo Oy toimii Model Nova-nimisessä työpaketissa. Model Nova-paketissa tavoitteena on tuottaa tietomallintamista hyödyntävä ja kestävä kehitystä tukeva rakennetun ympäristön liiketoimintamalli ja toimintakulttuuri. Lemminkäinen Infra Oy toimii INFRABIM-työpaketissa. (RYM Oy:n www-sivut 2013, hakupäivä 14.10.2013)

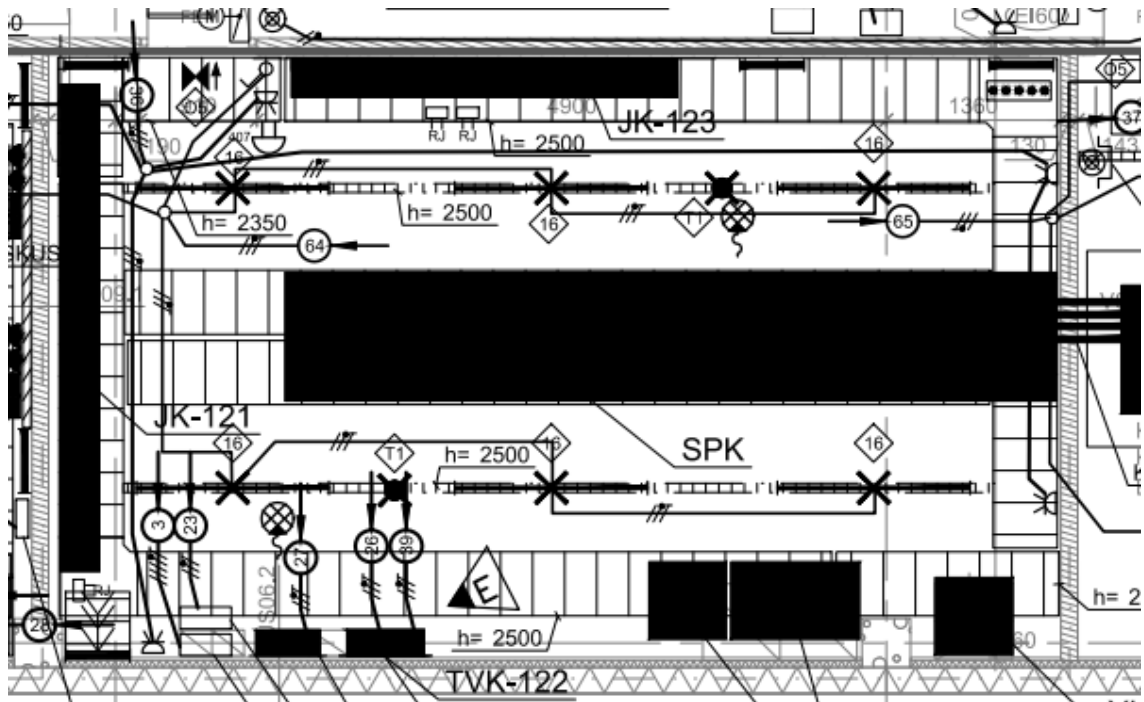
Lemminkäisen tavoitteena ei ole toimia itse suunnittelijana, vaan kehittää ja kannustaa suunnittelijoita ja alan yrityksiä suunnittelemaan tietomallintamalla. Lemminkäisellä on laadittu yleisten tietomallivaatimuksien lisäksi omat ohjeistukset eri suunnittelualoille, joissa määritetään mitä eri suunnittelualojen osalta mallinnetaan ja kuinka prosessi käytännössä etenee. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

#### 2.4 Tietomallinnuksen ja 3D-suunnittelun ero

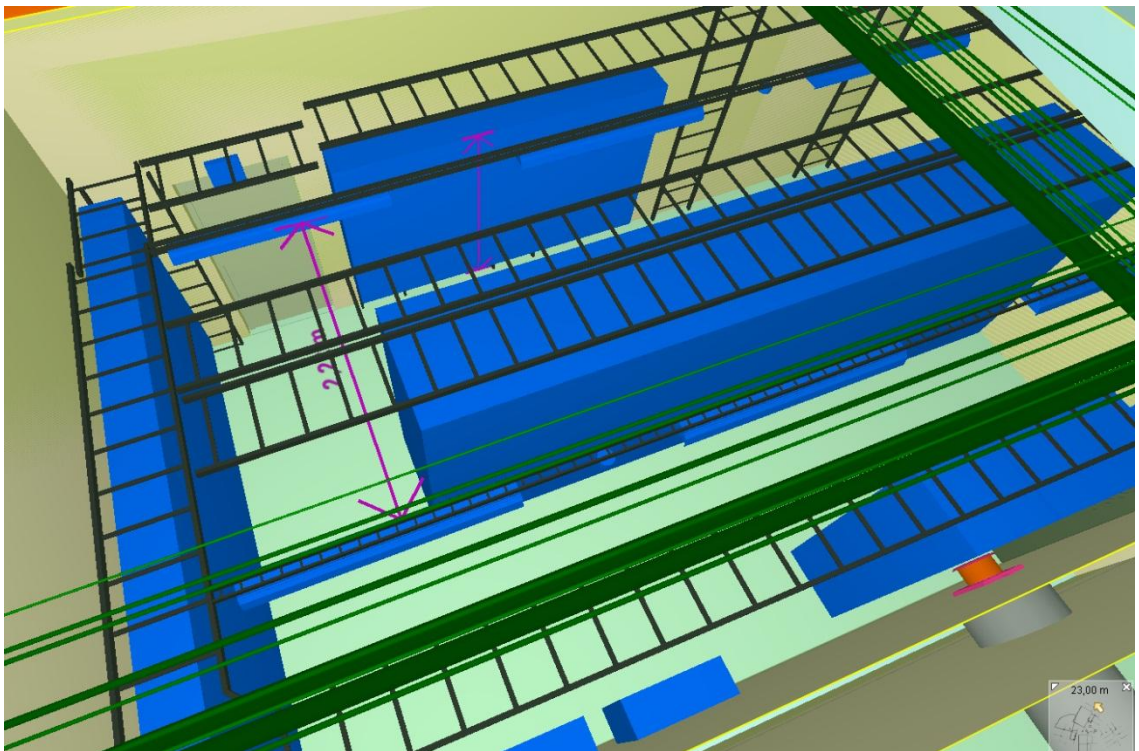
Usein sekoitetaan 3D-suunnittelu ja tietomallinnus keskenään ja voidaan puhua niistä samana asiana. Näin ei kuitenkaan ole.

3D-suunnittelu tarkoittaa sitä, että suunnitteluvaiheessa kappaleille luodaan geometria, eli ne esitetään kolmiulotteisina kappaleina. Kappaleista pystytään ottamaan mittoja ja niille määritellään korkoasema. Kappaleet eivät kuitenkaan sisällä tietoa esimerkiksi siitä, mitä ne ovat tai missä ne sijaitsevat. 3D-suunnitelmia käytetään usein arkkitehtisuunnittelussa tilojen visualisointiin. Alla on esitetty perinteisesti suunniteltu 2D-suunnitelma (kuva 5).

Kuvassa 6 on esitetty sama tila kolmiulotteisesti suunniteltuna. Kappaleilla on geometria ja niille on määritetty korkoasemat. Niistä voidaan myös ottaa mittoja.



Kuva 5. Perinteinen 2D-suunnitelma pääkeskushuoneesta. (Lemminkäinen PPP, 2013)



Kuva 6. 3D-suunnitelma pääkeskushuoneesta. (Lemminkäinen PPP, 2013)

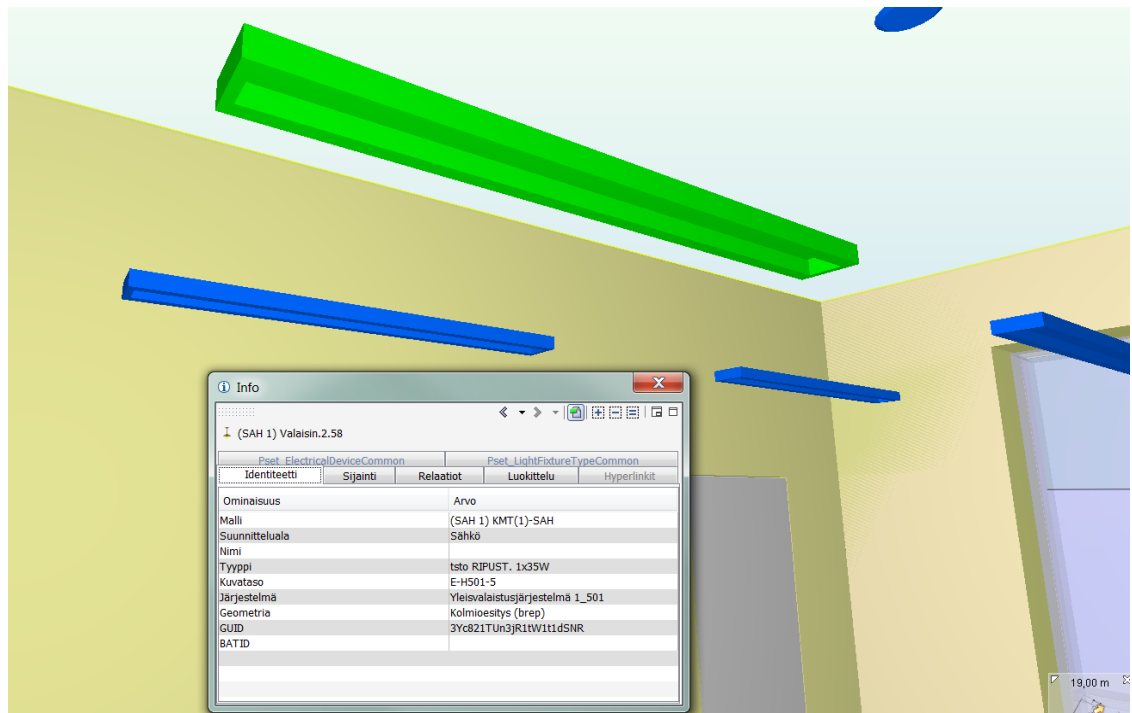
Tietomallinnus on sitä, että suunnitteluvaiheessa kappaleelle luodaan geometria, määritetään korkotaso ja siihen laitetaan tietoa, joka voi olla esimerkiksi:

- kappaleen nimi
- malli, johon kappale kuuluu

- suunnitteluala
- tyyppi
- järjestelmä
- sijainti
- tilavuus
- pinta-ala
- muita tietoja, esimerkiksi valaisimessa teho. (YTV osa 4, 2012, 34)

Tietomallia voidaan käyttää myös pelkkänä 3D-suunnitelmana, jolloin mallissa näkyy pelkkä kappaleiden geometria, mutta ne eivät sisällä lainkaan tietosisältöä. Tämä toimintatapa on yleinen esimerkiksi rakennusliikkeillä, jos käytetään yhdistelmämallia, johon kuuluu kaikkien suunnittelualojen mallit. Rakennusliikkeelle on oleellista tietää ainoastaan taloteknisten järjestelmien koko ja sijainti rakennuksessa. Rakennusliike ei tarvitse talotekniikan järjestelmä- tai tyyppitietoja. 3D-suunnitelma on tiedostona huomattavasti pienempi kuin tietomalli. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Kuvassa 7 on esimerkki tietomallinnetusta valaisimesta. Eri välilehtiä avaamalla saadaan näkymään kaikki valaisimeen määritetyt tiedot. Malli ei kuitenkaan sisällä kaikkia valaisimen tietoja, vaan tarkimmat tiedot löytyvät valaisinluettelosta.



Kuva 7. Tietomallinnettu valaisin. (Lemminkäinen PPP, 2013)

## 2.5 Tietomallinnuksen edut ja hyödyt

Kiinteistöjen ja rakennuksien tietomallinnuksen tavoitteet ovat:

- suunnittelun laadun parantaminen
- rakentamisen laadun parantaminen
- turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen
- kestävän kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. (YTV osa 1, 2012, 5)

Tietomallinnuksesta saatavat edut ja hyödyt voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen, joita ovat suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon aikana saatavat edut ja hyödyt. Seuraavissa kappaleissa käsitellään rakennusprojektin eri vaiheissa mallinnuksesta saatavia hyötyjä ja etuja.

Projektin ja suunnittelun alkuvaiheessa tietomallien avulla voidaan:

- tukea investointipäätöksiä vertailemalla erilaisten ratkaisujen toimivuutta ja kustannuksia
- vertailla erilaisien energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysien ratkaisuja
- havainnollistaa suunnitelmia
- tehostaa suunnitteluprosessia. (YTV osa 1, 2012, 5)

Suunnittelun edetessä tietomallit tarkentuvat ja havainnollistamisen sekä visualisoinnin mahdollisuudet kasvavat. Tietomalleista voidaan ottaa määräluetteloita ja niitä yhdistelemällä tehdään törmäystarkasteluja. Juuri törmäystarkastelussa tietomallit ovat ylivoimaisia perinteiseen 2D-kuvista tarkasteluun verrattuna. Mallin tarkasteluun tarkoitetut ohjelmat sisältävät säännöstöjä, joilla voidaan tarkastaa, ovatko esimerkiksi rakenneosat kiinni toisissaan ja risteävätkö talotekniset järjestelmät keskenään. Ohjelmilla voidaan laatia tarkasteluista raportit joiden avulla suunnittelijat korjaavat virheelliset suunnitelmat. Suunnitteluvirheiden löytyminen ja korjaaminen jo suunnitteluvaiheessa on huomattavasti edullisempaa, kuin se, että ne havaitaan ja korjataan vasta työmaalla. Huonoimmassa tapauksessa joudutaan purkamaan paljonkin valmiita asennuksia ja asentamaan ne takaisin hieman eri kohtaan. Tämä on kallista ja täysin turhaa työtä. (Mäkinen 2013, 25)

Tarjouslaskentavaiheessa käytettävissä olevat tietomallit helpottavat oleellisesti laskentaprosessia. Hyvin suunnitellusta tietomallista saadaan ulos tarkkoja määräluetteloita muutamalla napin painalluksella. Esimerkiksi sähköurakan laskennassa johtoreitit, eli kaapelihyllyt ja johtokanavat saadaan laskettua suoraan mallista. Määrät saadaan tarvittaessa lohkoittain ja kerroksittain eriteltyinä millimetrin tarkkuudella.

Tarjouslaskentavaiheessa myös tietomallin mahdollistama kohteen visualisointi on hyvä ominaisuus. Tietomallista voidaan nopeasti muodostaa kokonaiskuva esimerkiksi useamman kerroksen korkuisesta tilasta, jossa on useita järjestelmiä. Normaalien 2D-kuvien avulla tilan hahmottaminen on huomattavasti hitaampaa ja laskentavirheiden mahdollisuus on suurempi. (Kettunen 2011, 21)

Rakentamisvaiheessa suurimpana tietomallista saatavana hyötynä voidaan pitää havainnollistamista ja visualisointia. Kohteeseen voidaan tutustua helposti etukäteen mallia tutkimalla. Ongelmakohtia ja hankalia asennuspaikkoja voidaan tarkastella mallin avulla huomattavasti nopeammin ja tarkemmin kuin 2D-kuvista. Asennusjärjestysten suunnittelu mallin avulla vähentää turhaa työtä ja edesauttaa työn sujuvuutta. (Mäkinen 2013, 26).

Toteutusvaiheessa tietomallista otettavat määrälaskeumat helpottavat materiaalin tilaamista huomattavasti. Esimerkiksi kaapelihyllyt voidaan tilata jollekin lohkolle ja kerrokselle metrin tarkkuudella ja kuorman saapuessa siirtää suoraan asennusalueelle. Sama asia voidaan laskea myös paperikuvista, mutta se on huomattavasti työläämpää. Näin tavaratoimituksista saadaan sujuvampia ja turha varastointi vähenee minimiin. Tällaisesta toimintatavasta on suurta etua toimittaessa esimerkiksi sellaisissa kohteissa joissa varastotilaa on olemattoman vähän, kuten kaupunkikeskuksissa sijaitsevilla työmailla.

Tietomallia voidaan käyttää myös työmaan aikataulutukseen. Esimerkiksi rakennemalli voidaan aikatauluttaa ja rungon toteutuksen etenemistä seurata tietomallista. Talotekniikan aikatauluttaminen tietomallin avulla on kuitenkin koettu haasteelliseksi ja siihen ei ole vielä olemassa kunnollisia toimintamalleja. (Varstala 9.10.2013, haastattelu)

Kiinteistön ylläpidon ja käyttöjakson aikana tietomalleja käytetään huoltotöiden suunnittelussa ja laajennus- tai muutostöiden yhteydessä. Tietomalleista voidaan etsiä tietty-



jen komponenttien fyysistä sijaintia syöttämällä komponentin tunnus hakukenttään. Tämä toiminto on tarpeellinen erityisesti suurissa kiinteistöissä, joissa talotekniikkaa on paljon.

## 2.6 Tietomallinnuksen kustannukset

Mallintamalla toteutetun suunnittelun kustannuksista ei ole olemassa tarkkaa tietoa verrattuna perinteisiin 2D-suunnitelmiin. Asiasta on kyllä monensuuntaisia mielipiteitä rakennusosalalla. Tärkeä asia on kuitenkin muistaa mallintamalla tehtävän suunnittelun lisäarvo. Tietomallinnuksella toteutetut suunnitelmat ovat varmasti tarkempia ja laadukkaampia, kuin perinteiset suunnitelmat. Lisäksi lopputuloksena saadaan rakennuksesta valmis tietomalli, eli ylläpitomalli. 2D- ja 3D-suunnitelmat eivät ole kustannuksiltaan suoraan vertailtavissa keskenään, koska 2D-suunnitelmat eivät sisällä kiinteistön ylläpitomallia. (Karppinen 9.10.2013, haastattelu)

Esimerkiksi rakennesuunnittelussa suunnitellaan jo valmiiksi 3D-suunnittelulla, joten siinä mallintamisesta koituva lisätyö on melko vähäistä. Jos kysytään eri alojen suunnittelijoilta, kuinka paljon mallintaminen työllistää suunnitteluvaiheessa, saadaan monenlaisia vastauksia. Joidenkin mielestä mallintaminen työllistää paljon, toisten mielestä taas ei ollenkaan. Joidenkin mielestä se jopa helpottaa suunnittelua.

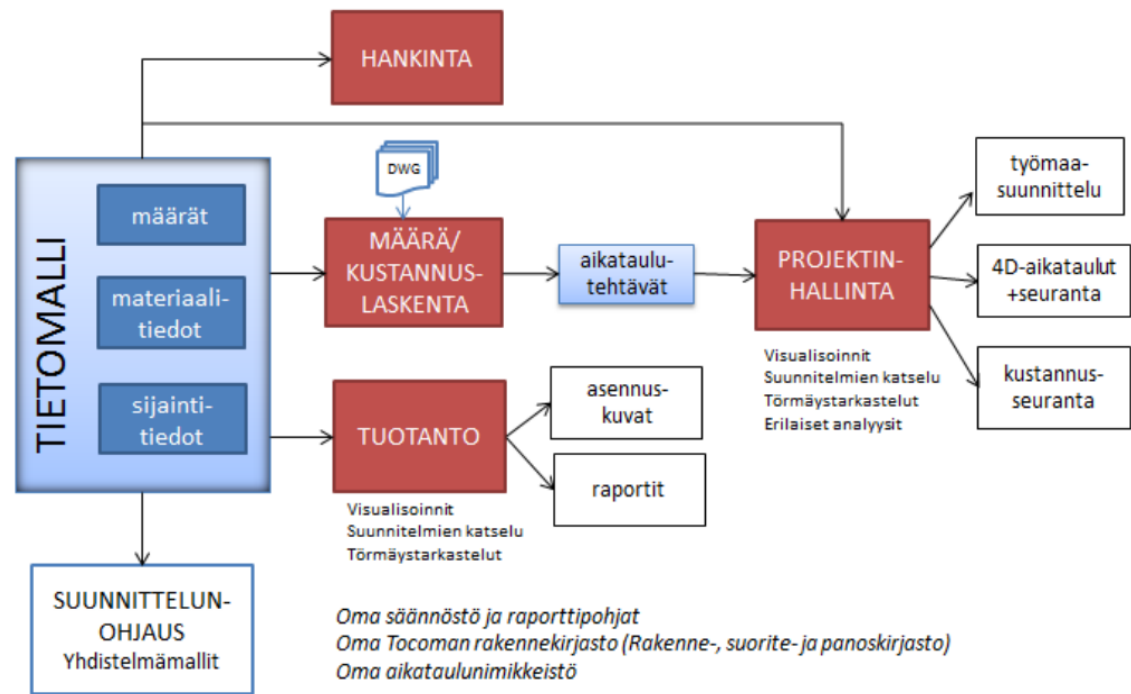
Mallintamalla suunnittelu työllistää suunnittelun alkuvaiheessa enemmän, mutta kun tietomalli on luotu ja olemassa, on muutosten tekeminen paljon nopeampaa. Korjauksia tehtäessä korjataan vain mallia, eikä useita eri kuvia. Mallintamalla suunnittelulla päästään varmemmin haluttuihin lopputuloksiin. Rakennusta voidaan simuloida esimerkiksi valaistus- ja lämmitysenergian kulutuksen suhteen erilaisilla toteutusratkaisuilla. Suunnitteluvaiheessa tällaisten simulointien teettäminen tuo kustannuksia, mutta käytön aikana voidaan saada huomattavia säästöjä energiankulutuksessa. (Karppinen 19.10.2013, haastattelu; YTV osa 10, 2012, 2)

Lemminkäisellä on esitetty jonkinlaisia arvioita myös rahallisista säästöistä. Joidenkin arvioiden mukaan rakennuksen suunnittelu mallintamalla säästää jopa 15 euroa/bruttoneliö. Tällaiseen summaan on päädytty kohteessa, jossa tehtiin törmäystarkastelut tietomallin avulla ja havaitut suunnitteluvirheet korjattiin ennen, kuin ne päätyivät

työmaalle. Törmäystarkastelussa esiin tulleille virheille arvioitiin niiden korjaamisiin kulunut realistinen summa, joka nyt säästettiin kokonaiskustannuksissa.

### 3 TALOTEKNIIKAN TIETOMALLIEN SUUNNITTELU

Talotekniikan tietomalleja hyödynnetään hankinnassa, määrä- ja kustannuslaskennassa, tuotannossa ja projektinhallinnassa (kuvio 1).



Kuvio 1. Periaatekuvio tietomallien käytöstä rakennushankkeissa. (Mäkinen 2013, 30)

Jotta tietomalleja voidaan tehokkaasti hyödyntää, tarvitaan toimivia ja tehokkaita ohjelmistoja. Tietomallinnuksessa käytettävät ohjelmistot voidaan jakaa seuraavasti:

- suunnitteluohjelmistot
- tarkastus-, analysointi- ja katseluohjelmat.

Suunnitteluohjelmistoilla tehdään taloteknisten järjestelmien suunnittelu. Järjestelmät suunnitellaan suoraan tietomalleiksi, eli kappaleille määritetään tarvittava tietosisältö, oikea korkoasema ja ne piirretään kolmiulotteisina. Ohjelmistot sisältävät valmiita tuotekirjastoja, joista voidaan valita eri toimittajien valmistamia tuotteita.

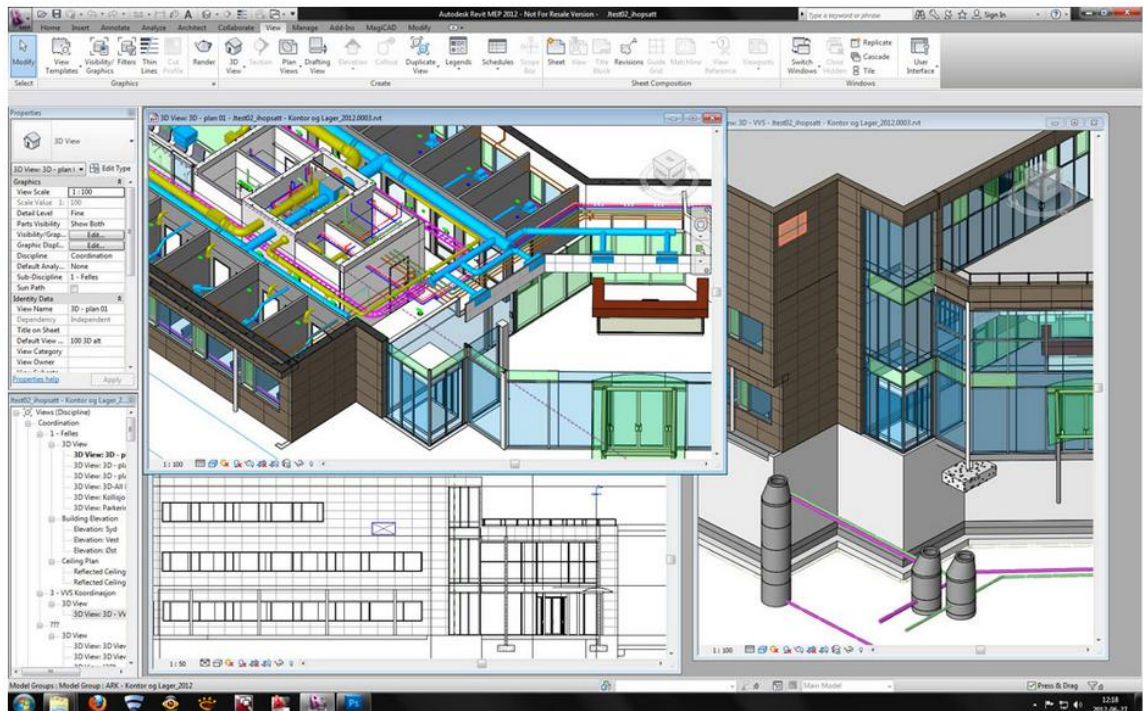
Tarkastus- ja analysointiohjelmissa suoritetaan mallien yhdistäminen, tehdään törmäystarkastelut ja havainnollistetaan suunnitelmien yhteensopivuutta. Analysointiohjelmissa voidaan simuloida esimerkiksi kohteen energiatehokkuutta, valaistuksia ja energiankulutusta.

### 3.1 Käytettävät ohjelmistot

Ohjelmistovalmistajia on markkinoilla useita ja kaikilla on omat erikoisalueensa. Tämän opinnäytetyön tutkimuksen kohteena olevien rakennushankkeiden suunnittelussa ja tarkastelussa on käytetty kolmea ohjelmistoa.

#### 3.1.1 MagiCAD

MagiCAD on talotekniikan suunnitteluohjelmisto joka toimii AutoCAD- ja Revit MEP-ohjelmistoalustoilla. Ohjelma tukee uusimpia IFC-määrittäjiä. Ohjelma sisältää laajat tuotekirjastot yleisimmiltä tuotevalmistajilta. MagiCAD-ohjelmalla voi suunnitella 2D:nä tai 3D:nä, tai molemmilla yhtä aikaa. Sovellus luo kolmiulotteisen mallin automaattisesti. MagiCAD:illa voi suorittaa kattavia laskelmia piirtämisen lomassa, kuten virtausluetteloiden tarkastelua, äänilaskentoja ja lämpöhäviöiden tarkastelua. Ohjelmalla on mahdollista tehdä törmäystarkastelut kaikkien sähkö- ja LVI-järjestelmien välillä. Esimerkki suunnittelujärjestelmästä on kuvassa 8. (MagiCAD [www-sivut](http://www.magicaad.com), hakupäivä 18.10.2013; Jussila 2012, 9)

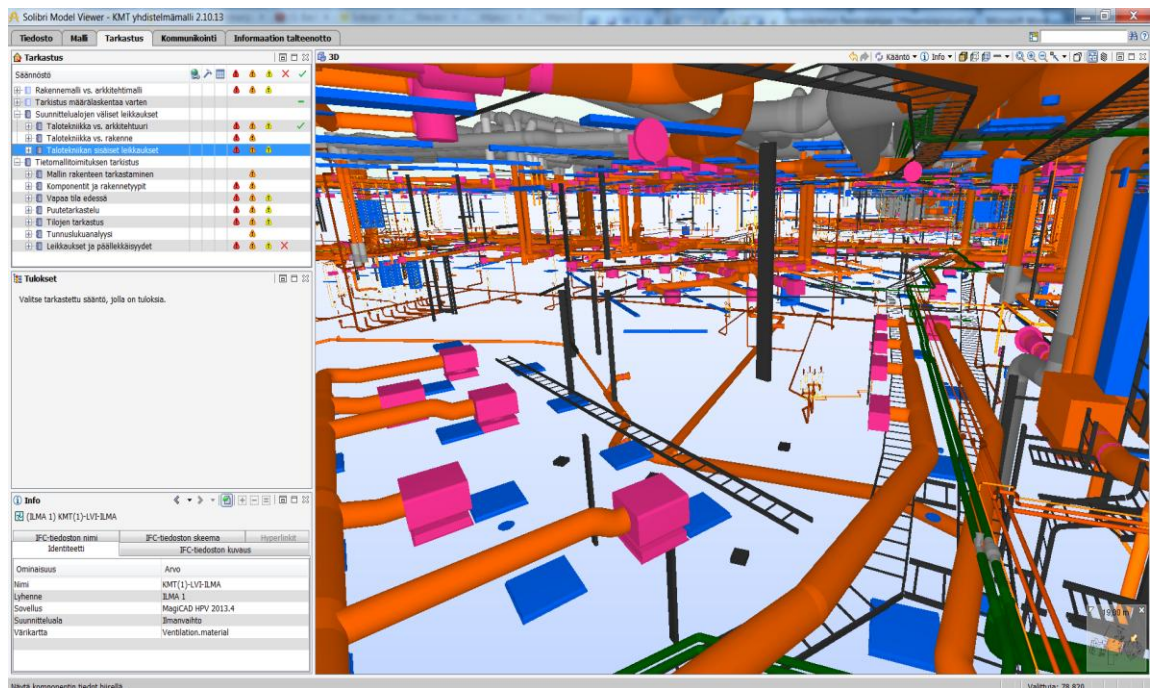


Kuva 8. MagiCAD suunnittelunäkymä. (MagiCAD, hakupäivä 18.10.2013)

### 3.1.2 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker on tietomallien havainnollistamiseen, tarkastukseen ja laadunvarmistukseen tarkoitettu ohjelmisto. Sen kehittäjä on Suomalainen Solibri Oy. Ohjelma on saatavissa täysin suomenkielisenä. Ohjelmalla voidaan yhdistää kaikkien suunnittelualojen mallit yhdeksi yhdistelmämalliksi. Tätä yhdistelmämallia voidaan tutkia erilaisien säännösten avulla ja suorittaa tarkastuksia valituilla parametreilla. Säännöstöjä voidaan muokata ja niitä voidaan luoda myös itse. Ohjelma sisältää YTV2012:sen mukaiset tarkastusvaatimukset. (Solibri Oy:n www-sivut, hakupäivä 18.10.2013)

Solibri Model Checker on kohtalaisen helppokäyttöinen ohjelma. Siinä on määritetty valmiiksi omat näkymät tarvittaville työvaiheille. Tietomallia voidaan tarkastaa, katsella, leikata ja siitä voidaan ottaa yksityiskohtaisia määräluetteloita. Näkymäksi voidaan valita kaikki tietomallit kerrallaan tai pelkästään yksi tietomalli. Kuvassa 9 on näkymä Solibrin tarkastusosiosta, johon on valittuna kaikki talotekniikan tietomallit.



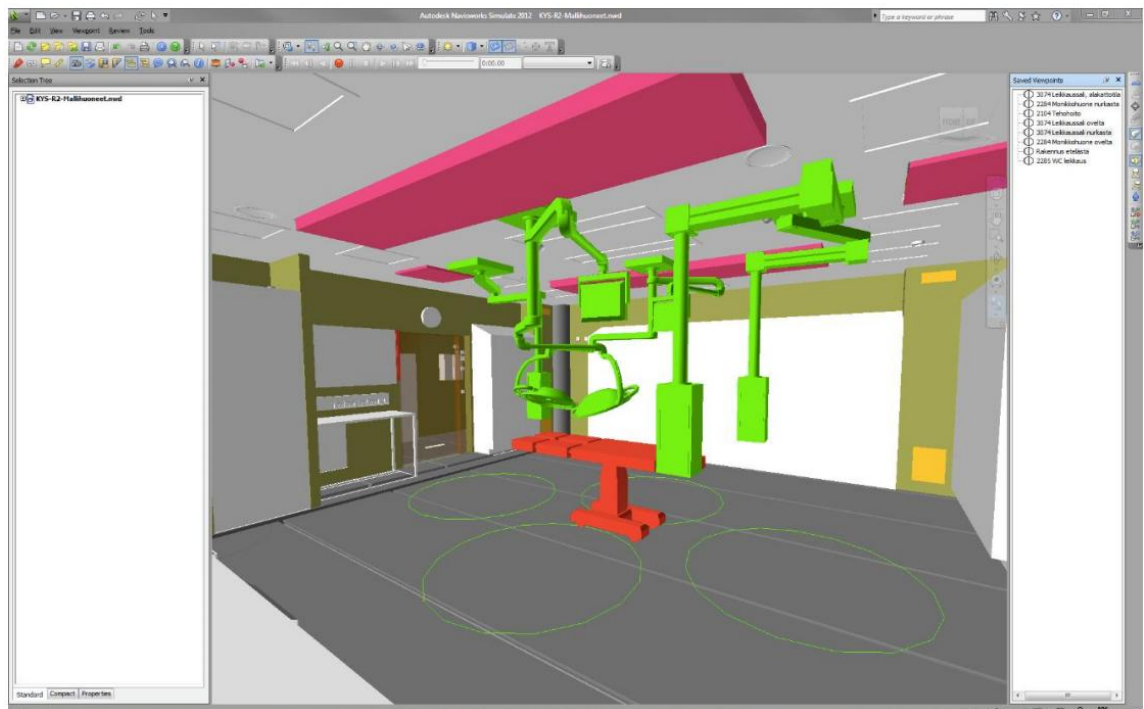
Kuva 9. Mallin tarkastusta Solibri Model Checkerillä. (Lemminkäinen PPP, 2013)

### 3.1.3 Nawisworks Simulate

Nawisworks Simulate on Autodeskin valmistama ohjelma, jota käytetään yleisesti suunnittelun apuna. Yleinen toimintamalli on, että kohdetta suunnitellaan MagiCAD-ohjelmalla 2D-tasolla ja 3D-tarkastelu tehdään toisella näytöllä Nawisworks Simulate-

ohjelmalla. Ohjelmistoa käytetään suunnitteluprojekteissa koordinoituvuuskaluna. Sen avulla voidaan yhdistellä eri suunnittelualojen malleja, tehdä silmämääräisiä törmäys-tarkasteluja, luoda leikkauksia ja kommentoida tuotoksia. (kuva 10) (Nawisworks www-sivut, hakupäivä 25.10.2013)

Nawisworks Simulate-ohjelman avulla voidaan yhdistelmämalli julkaista erittäin pienikokoiseksi .nwd-tiedostoksi, Nawisworksin työtiedostoksi. Tässä yhteydessä voidaan määrittää mitä tietoa malliin liitetään ja mikä on julkaisun voimassaoloaika. Tiedostoon voidaan myös määrittää avaamiseen tarvittava salasana. Tällaisten tiedostojen käyttö on yleistynyt rakennusprojekteissa, koska niitä voidaan tarkastella ilmaisohjelmistolla. (Kattelus 2013, 16)



Kuva 10. Nawisworks Simulation katselunäkymä. (Kattelus 2013, 16)

### 3.2 Talotekniikan suunnittelualat

Talotekniikka on laaja käsite, joka kattaa nimensä mukaisesti koko kiinteistön toimintaan ja ylläpitoon liittyvän tekniikan. Talotekniikka on yhteisnimitys kiinteistön teknisten palveluiden, järjestelmien, laitteistojen ja laitteiden muodostamalle kokonaisuudelle.



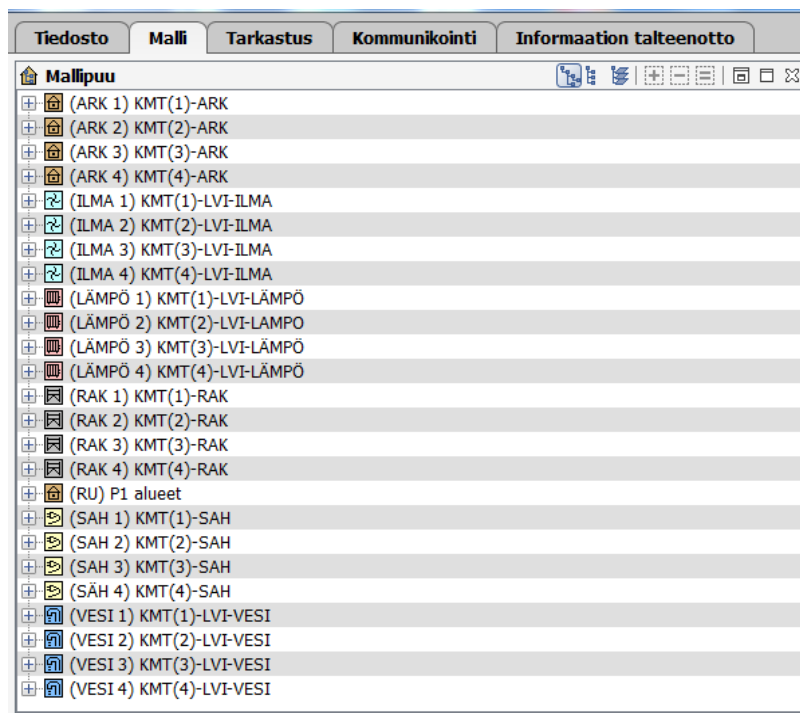
Talotekniikka jaetaan eri osa-alueisiin, joista yleisimmät ovat:

- lämmitystekniikka
- vesijohtotekniikka
- ilmanvaihtotekniikka
- sähkötekniikka
- automaatiotekniikka.

Näistä järjestelmistä käytetään yleisesti lyhennettä LVISA. LVI on yleisnimitys joka sisältää lämmitys-, vesijohto- ja ilmanvaihtojärjestelmien lisäksi myös viemärijärjestelmän. Talotekniikkaan sisältyy muitakin järjestelmiä, joita ovat esimerkiksi:

- kylmätekniset järjestelmät
- kaasujakelujärjestelmät, esimerkiksi paineilma tai sairaalakaasu
- palontorjuntajärjestelmät, esimerkiksi sprinklerilaitteistot, palopostit ja savunpoistojärjestelmät. (YTV osa 4, 2012, 24)

Talotekniikan tietomalleja suunniteltaessa eri järjestelmät suunnitellaan omiksi malleikseen. Kuvassa 11 on esitetty erään kohteen yhdistelmämallin mallipuu, jossa näkyy kaikkien suunnittelualojen tietomallit eriteltynä lohkoittain. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 määrittävät mitä mallinnetaan ja millä tarkkuudella.

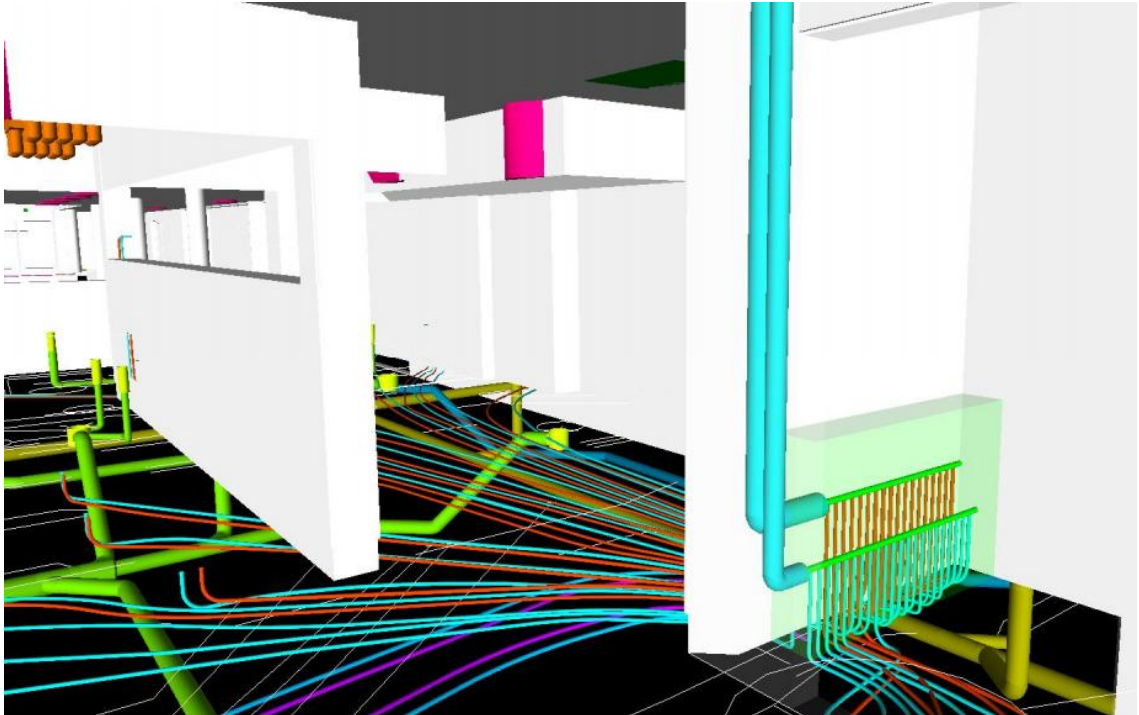


Kuva 11. Eri suunnittelualojen tietomallit yhdistelmämallissa. (Lemminkäinen PPP, 2013)

### 3.2.1 Lämmitys- ja vesijohtojärjestelmien tietomallit

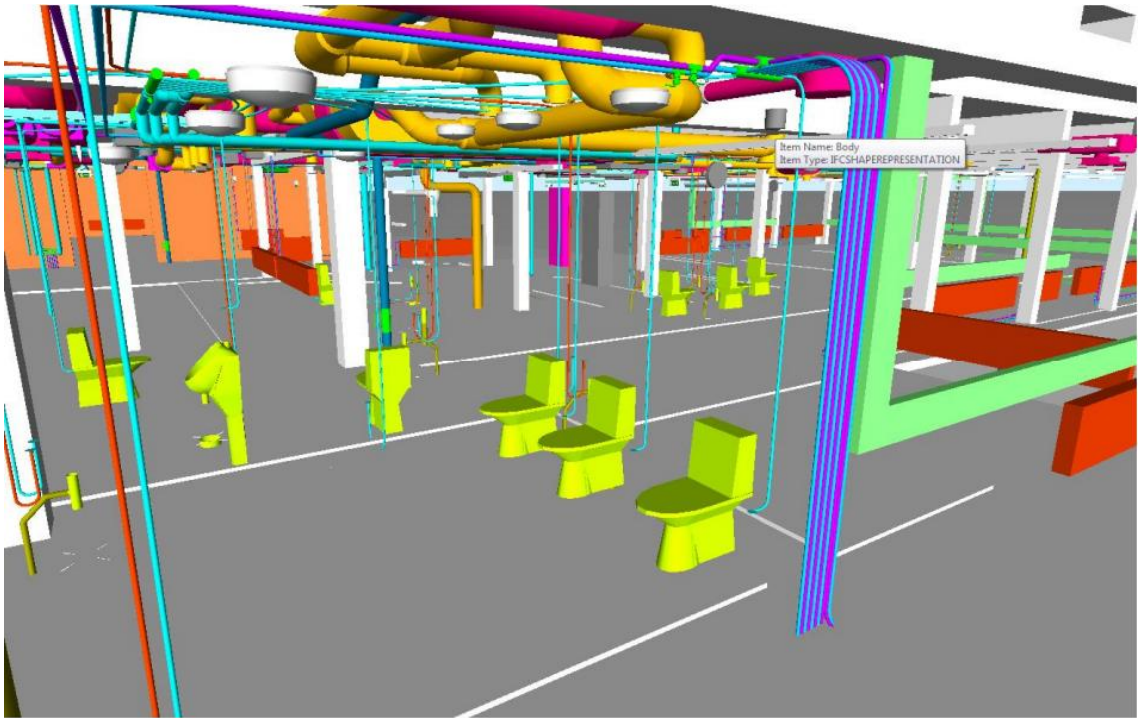
Lämmitys- ja vesijohtojärjestelmien tietomallit suunnittelee LVI-suunnittelija. Yleinen toimintatapa on suunnitella eri järjestelmät omaksi mallikseen YTV 2012 ohjeistuksen mukaan. Vesi- ja viemärijärjestelmissä mallinnetaan keskuslaitteet, putkistot, putkistovarusteet, lattiakaivot, kattokaivot, käyttövesikalusteet ja eristeet (kuva 12). (YTV osa 4, 2012, 22)

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä mallinnetaan keskuslaitteet, putkistovarusteet, putkistot ja päätelaitteet. Kuvassa 13 on esitetty erään kohteen suunnittelunäkymät. (YTV osa 4, 2012, 23)



Kuva 12. Puijonsarven koulun vesi- ja viemärirakenteita. (Granlund Kuopio Oy, 2013)

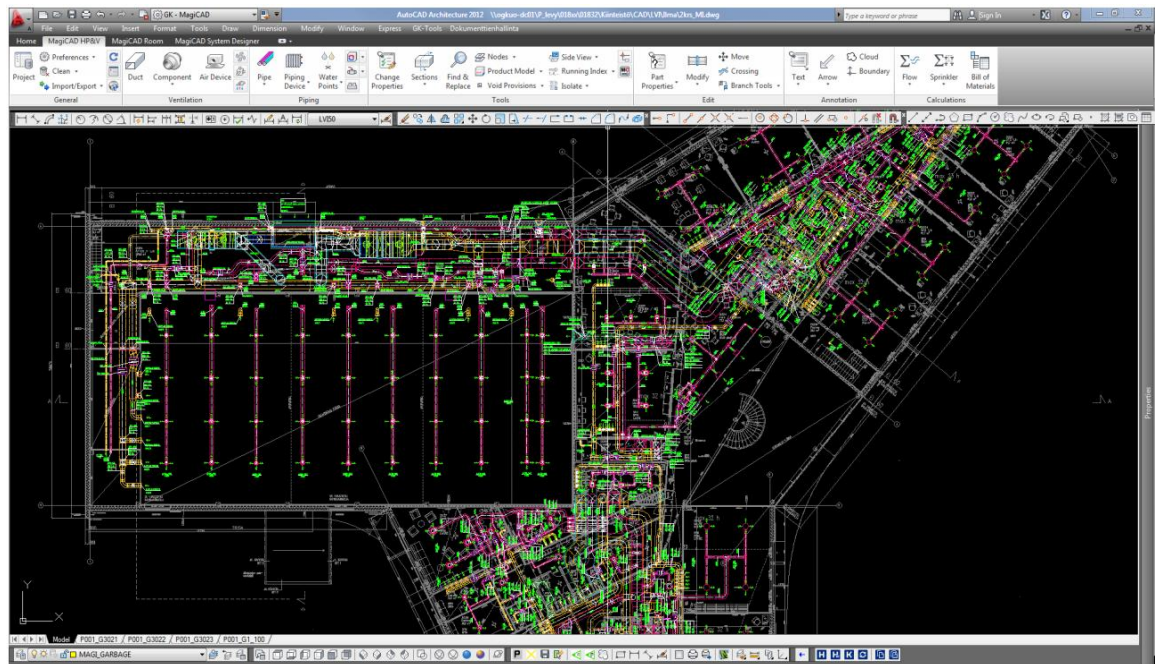




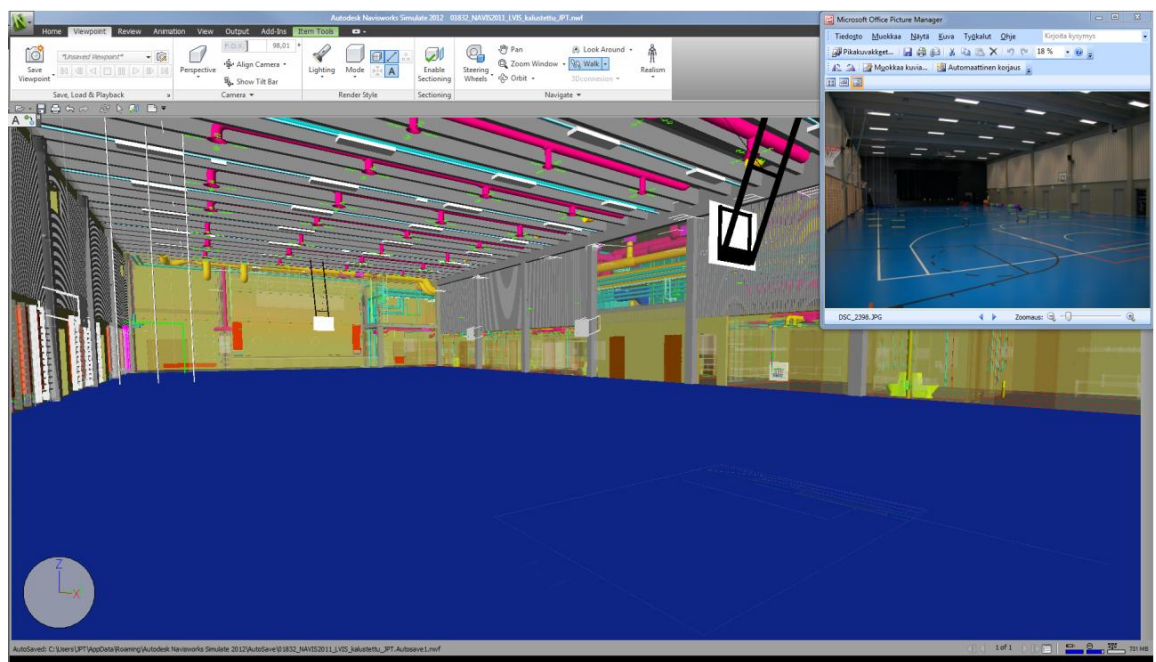
Kuva 13. Rajalan koulun LVI-kalusteita. (Granlund Kuopio Oy, 2013)

### 3.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmien tietomallit

Ilmanvaihtojärjestelmissä mallinnetaan ilmanvaihtokoneet, kanavistot, kanavistovarus-  
teet, keskuslaitteet, päätelaitteet ja eristeet. Jokainen ilmanvaihtokone mallinnetaan to-  
dellisten mittojen perusteella omaksi osajärjestelmäkseen. Samoin koneisiin liittyvät  
verkostot nimetään osajärjestelmien mukaan. (YTV osa 4, 2012, 23). Kuvissa 14 ja 15  
on esitetty Ahtisaaren koulun IV-suunnittelunäkymät. Varsinainen suunnittelu tehdään  
MagiCAD-ohjelmalla 2D-tasossa ja havainnollistaminen Nawisworks-ohjelmalla toisel-  
la näytöllä.



Kuva 14. IV-suunnittelunäkymä Ahtisaaren koulusta. (Granlund Kuopio Oy, 2013)



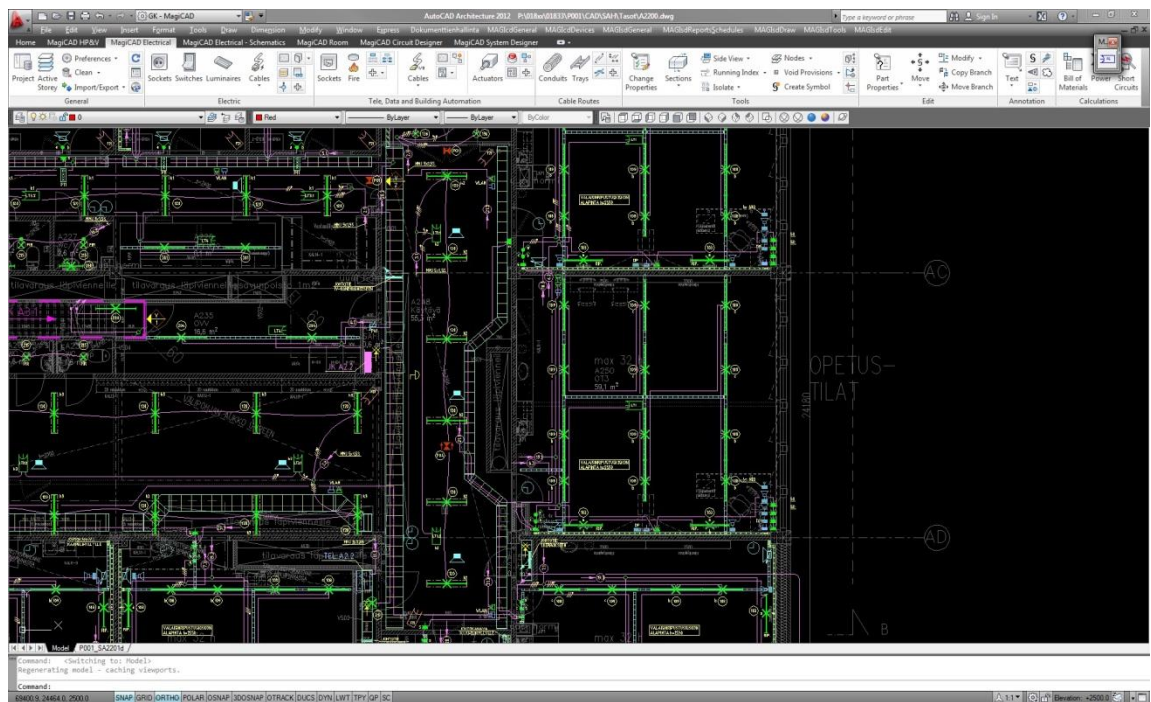
Kuva 15. Havainnekuva sekä lopputulos Ahtisaaren koulun liikuntasalista. (Granlund Kuopio Oy, 2013).

### 3.2.3 Sähköjärjestelmien tietomallit

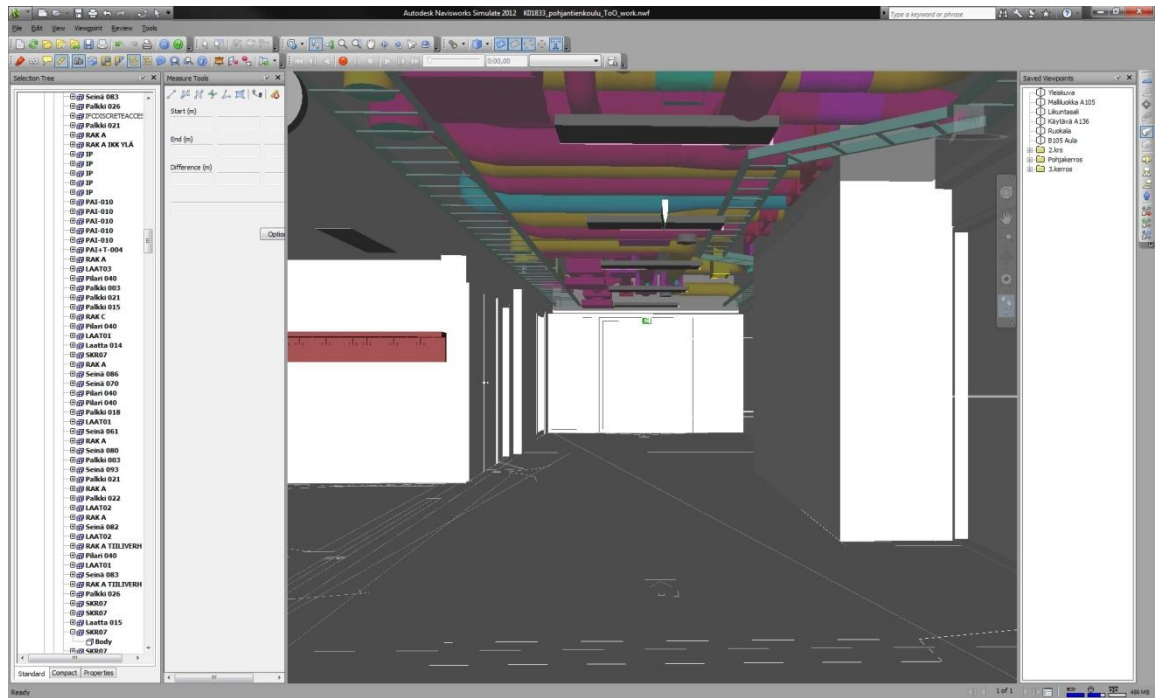
Sähkösuunnittelija mallintaa eri järjestelmien komponentit YTV 2012 ohjeistuksen mukaan. Eri järjestelmät nimetään ja ne mallinnetaan seuraavasti:

- Sähkönjakelujärjestelmien osalta mallinnetaan muuntajat, kytkinlaitokset, virtakiskot ja pääkeskukset.
- Keskuksista mallinnetaan jakokeskukset, ryhmäkeskukset, ristikytkentäkaapit ja VAK-keskukset eli rakennusautomaation keskukset.
- Johtoteistä mallinnetaan kaapelihyllyt, ripustuskiskot, johtokourut ja lattiakanavat.
- Valaisimet mallinnetaan joko universaaleina, tai ne valitaan tietyn toimittajan mallikirjastosta. (YTV osa 4, 2012, 28)

Asennuskalusteita kuten kytkimiä, pistorasioita ja ilmaisimia ei mallinneta muuten kuin poikkeustapauksissa. Poikkeustapauksia voivat olla esimerkiksi mallihuoneet. Putkituksia ja kaapeleita ei mallinneta lainkaan. (YTV osa 4, 2012, 28) Seuraavissa kuvissa 16 ja 17 esitetään Pohjantien koulun sähkösuunnittelunäkymät.



Kuva 16. Pohjantien koulun MagiCAD-suunnittelunäkymä. (Granlund Kuopio Oy, 22.10.2013)



Kuva 17. Visuaalista törmäystarkastelua Nawisworks-ohjelmalla (Granlund Kuopio Oy, 22.10.2013)



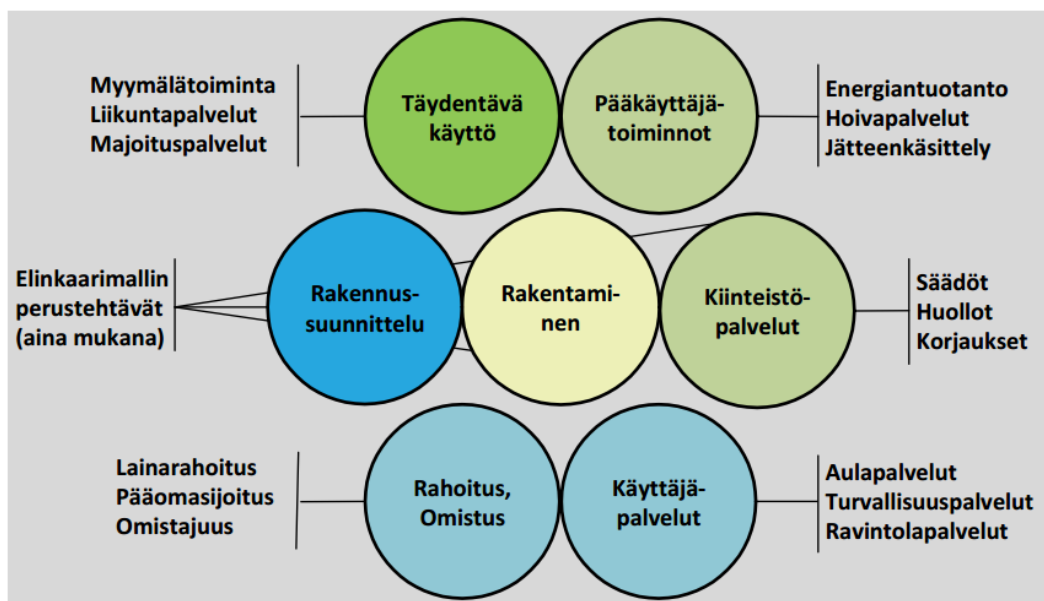
## 4 TIETOMALLIEN KÄYTTÖKOKEMUKSET

Opinnäytetyössä kerätään havaintoja ja kokemuksia tietomallien käytöstä Lemminkäisen rakennushankkeissa. Mallinnussuunnittelu ja siitä saatavan tietomallin käyttö rakennushankkeissa on uusi asia taloteknisen urakoinnin näkökulmasta. Mallinnusohjelmien käyttäjiä ei ole vielä paljon, mutta käyttö yleistyy koko ajan. Eri käyttäjillä on omat kokemuksensa mallien käytöstä. Tässä työssä kerätään palautetta ja mielipiteitä sekä mahdollisia kehitysideoita yrityksen sisäiseen käyttöön.

Tutkimuksen kohteina käytetään viittä Lemminkäisen elinkaarimallin mukaista rakennushanketta. Kaikki elinkaarihankkeet suunnitellaan mallintamalla, koska yritys huoltaa ja ylläpitää kohteita valmistumisen jälkeen 25 vuoden ajan.

### 4.1 Elinkaarimalli

Elinkaarimalli on rakennusteollisuuden investointihankkeen hankintatapa. Hankkeen toteuttaja vastaa yleensä kohteen suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta kohdekohtaisesti sovittavan palvelujakson ajan. Tämä aika on usein muutamia kymmeniä vuosia. Kohdekohtaisesti toteuttaja voi vastata myös rakennuksen omistuksesta, rahoituksesta ja käyttöön liittyvistä muista palveluista (kuva 18). Elinkaarihanke voi olla sekä uudis- että korjausrakennushanke. (Lemminkäinen PPP Oy:n www-sivut, hakupäivä 27.10.2013)



Kuvio 2. Elinkaarimallin mukaisen hankkeen sisältö. (Mäläskä 2011, 13)

Elinkaarihankkeissa palveluntuottaja ja tilaaja tekevät tavanomaista pidemmän sopimuksen kiinteistön toteutuksesta ja ylläpidosta. Pitkäjänteinen toimivuus- ja laatuvaatimukseen perustuva sopimuskokonaisuus mahdollistaa ”win-win”-periaatteita noudattavan yhteistyön tilaajan ja palveluntuottajan välille. Mallissa tilaaja ja palveluntuottaja yhdessä joko voittavat tai häviävät. Hankkeen päätökset tehdään kokonaishankkeen edun näkökulmasta. (Lemminkäinen PPP Oy:n www-sivut, hakupäivä 27.10.2013)

Perinteisessä rakennushankkeessa urakoitsijan vastuu päättyy muutaman vuoden takuuaian jälkeen. Elinkaarihankkeessa urakoitsijan täytyy huomioida rakennuksen kokonaistaloudellisuus ja selvittää tarkasti energia- ja ylläpitokulut pitkällä aikavälillä. Sopimuskohtaisesti voidaan määritellä tiettyjä säästötavoitteita esimerkiksi kokonaisenergian kulutukselle. Jotta näihin tavoitteisiin päästäisiin, on kiinteistön ylläpito-organisaatio oltava tiedossa jo rakennusvaiheessa ja sen on osallistuttava rakennuksen suunnitteluun. (Mäläskä 2011, 14)

#### 4.2 Rakennushankkeet

Tämän työn tutkimuksen pohjana on käytetty viittä Lemminkäinen PPP-yhtiön rakennushanketta, jotka kaikki on toteutettu elinkaarimallin mukaan (taulukko 1). Kohteista neljä on Kuopiossa sijaitsevia kouluja ja yksi Oulussa rakenteilla oleva Kastellin monitoimitalo.

Taulukko 1. Tutkimukseen käytetyt rakennushankkeet (Lemminkäinen PPP, 28.10.2013)

	<b>Martti Ahti- saaren koulu</b>	<b>Puijonsar- ven koulu</b>	<b>Rajalan koulu</b>	<b>Pohjan- tien koulu</b>	<b>Kastellin monitoimi- talo</b>
Sijainti	Kuopio	Kuopio	Kuopio	Kuopio	Oulu
Rakennustapa	Uudisraken- nus	Uudisraken- nus	Saneera- us	Saneeraus	Uudisraken- nus
Bruttoneliöt	7536	7304	5474	8685	22735
Bruttokuutiot	36965	34235	23086	34967	126500
Valmistumis- päivä	16.5.2011	2.5.2011	18.5.201 2	15.5.2013	Rakenteilla
Talotekniikan vahvuus toi- mialoittain	LV 3 IV 2 SÄ 4	LV 3 IV 2 SÄ 4	LV 4 IV 3 SÄ 10	LV 3 IV 2 SÄ 5	LV 8 IV 10 SÄ 22

### 4.3 Käyttökokemukset

Käyttökokemukset on kerätty haastattelemalla mallien kanssa työskenteleviä henkilöitä. Tutkimukseen on haastateltu talotekniikan suunnittelijoita, projektinhoitajia, työnjohtajia ja asentajia. Ennen haastattelua vastaajalle on lähetetty valmiit kysymykset etukäteen mietittäväksi. Haastattelut on nauhoitettu ja aineistosta on laadittu seuraava yhteenveto. Haastattelukysymykset ovat esitettyinä liitteessä 2.

#### **Työkokemus malleista**

Talotekninen tietomallinnus on uusi asia rakennusalalla. Tämä näkyi myös haastattelujen tuloksissa. Suunnittelijat olivat työskennelleet mallien parissa vasta muutamia vuosia. Kuopion kohteiden suunnittelijoilla oli noin viisi vuotta kokemusta. Suunniteltuja kohteita oli yhdellä suunnittelijalla enimmillään kymmenen, jollakin kyseessä oli ensimmäinen mallinnuskohde.

Työnjohdon ja asentajien työkokemus malleista oli keskimäärin muutamia vuosia. Lemminkäisen elinkaarihankkeet olivat lähes kaikille ensimmäisiä kohteita, joissa mallinnus oli käytössä.

#### **Mielipiteet tietomallinnuksesta**

Kaikki haastateltavat pitivät tietomallinnusta ja sen käyttöä hyvänä ja selkeästi positiivisena asiana. Yleinen kokemus oli, että se lisää mielenkiintoa suunnittelutyötä kohtaan ja antaa toteuttavalle organisaatiolle lisää työkaluja projektien toteutukseen.

*On erittäin hyvä että tietomallinnus on tullut, mutta siinä täytyy kaikkien osapuolien ottaa se teon aikana huomioon ja sitoutua siihen.*

*Mallinnus on hyvä silloin, kun koko suunnitteluryhmä lähtee sitä tekemään.*

Selkeimmäksi negatiivisiksi asioiksi nousivat tietomallinnuksen korkeat kustannukset ja siihen kuluva aika verrattuna perinteiseen suunnitteluun. Myös mallinnuksen vaikutuksista urakkatyöhön oli kahdenlaisia mielipiteitä. (Korhonen, Tuohimaa 22.10.2013, haastattelu)

*Suunnitelmien hivistelyyn menee liikaa aikaa.*

*IV-huoneiden mallinnukseen on tehty paljon turhaa työtä, koska toteutus ei vastaa lainkaan suunnitelmia.*

*Mallinnus tukee urakkatyötä silloin, kun kaikki urakoitsijat sitoutuvat sen käyttöön.*

*Mallin katselussa menee aikaa hukkaan, joka on pois urakasta.*

Yhteinen näkemys oli, että tulevaisuudessa tietomallinnus yleistyy koko ajan ja sitä vaaditaan enenevässä määrin. Mielipide oli, että mallinnus on ainut oikea tapa tehdä suunnittelua. Mallintamalla suunnittelu koettiin mielekkäämmäksi kuin perinteinen suunnittelu. Yleinen toimintatapa on, että suunnittelijat tekevät joka tapauksessa itselleen tietomallin, vaikka sitä ei vaadittaisikaan. (Ollikainen 22.10.2013, haastattelu)

*Vielä on paljon rakennuttajia ja tilaajia, jotka eivät arvosta mallinnusta johtuen siitä, että suunnitteluun täytyisi satsata enemmän. He eivät ymmärrä mallintamisesta saatavaa lisäarvoa.*

### **Käytössä olevat ohjelmat**

Kaikki talotekniikan suunnittelijat käyttivät mallinnukseen Autocadin MagiCAD-sovellusta. Itse suunnittelu toteutetaan tällä ohjelmalla, mutta mallien tarkasteluun käytettiin toimistosta riippuen Nawisworksia, Solibria tai Tekla BIMsightia. Työnjohto ja asentajat käyttivät Solibri Model Checkeriä ja Vieweriä. Checker on täysversio ja Viewer katseluversio. Kuopion projektinhoitajilla on käytössä myös MagiCAD. Sitä on käytetty massalaskentaan ja sen avulla on tehty määräluetteloita urakoinnin tarpeisiin. (Halonen 21.10.2013, haastattelu)

### **Koulutus ohjelmien käyttöön**

Koska mallintaminen on suunnittelualana aivan uusi, siihen ei ole tarjolla minkäänlaista opetusta. Niinpä suunnittelijat olivat itse opetelleet mallintamaan. Ohjelmistovalmista-



jilla on tarjolla joitakin kursseja ohjelmien käyttöön. Suunnittelutoimistoilla on yrityksen sisäisiä koulutuksia.

Lemminkäisen tietomalliasiantuntijat ovat kouluttaneet työnjohtajia ja asentajia ohjelmien käyttöön. Käyttäjät olivat hyvin tyytyväisiä koulutuksen tasoon.

### **Mallien tarkastus ja säännöstöt**

Suunnittelijat tekevät visuaalista tarkastelua jatkuvasti työn edetessä. Tiloja tarkastellaan silmämääräisesti ja törmäyksistä keskustellaan suunnittelijoiden välillä. Mallin tarkastusohjelmia ei ollut juurikaan suunnittelijoiden käytössä. Tietomallikoordinaattori tekee viralliset törmäystarkastelut sovituin väliajoin ja raportoi niistä eri alojen suunnittelijoille.

Solibri Model Checkerissä käytössä olevia säännöstöjä pidettiin riittävinä. Säännöstöjä voidaan muokata toleransseja säätämällä. Oulun kohteessa rakennuspuolen projektinsinööri laati itse säännöstön, jolla tarkastettiin iv-kanavien ja riippuvalaisimien törmäyksiä. Koska niitä esiintyi paljon, säännöstöllä suoritettiin mallin tarkastus ja raportti lähetettiin suunnittelijoille, jotka korjasivat suunnitelmat.

### **Suunnitelmien laatu**

Yhtenä tutkittavana asiana oli, onko perinteisesti suunnitellun ja mallintamalla tehtyjen suunnitelmien välillä eroa. Tähän kysymykseen vastattiin monella tavalla. Yksi mielipide oli, että suunnitelmien laatu on mennyt paljon alaspäin, mallinnettiin tai ei. Yleinen mielipide oli, että mallinnetut suunnitelmat ovat huomattavasti tarkempia ja suurin hyöty saadaan peruskorjaushankkeissa. Tämä edellyttää, että arkkitehti- ja rakennemalli ovat tarkkoja ja paikkansapitäviä. Koska käytössä olevat tilat ovat monesti ahtaita, ne pystytään hyödyntämään tehokkaasti. (Mattila 22.10.2013, haastattelu)

*Perinteisesti suunnitellussa kohteessa voi olla risteilyjä, joita ei näe.*

Teknisesti suunnitelmien laadussa ei ole eroa, mitoitukset täytyy olla oikein molemmissa. Mallinnetut suunnitelmat ovat tarkempia ja ne ovat asennettavissa. Näin työmaalla tehtävä jälkisuunnittelu vähenee. Suunnittelijoiden kokemusten mukaan puhelin soi vähemmän ja työmaalla esiintyy vähemmän ongelmakohtia. Yksi havainto oli, että työmaalla epäröidään tehdä muutoksia, koska malli on jo olemassa. Asennuksissa tulee

käyttää järkeä mallinnuksesta huolimatta. Muutoksesta tulee tehdä punakynäversio, johon merkitään myös korkotiedot. Suunnittelijan on helppo ja nopea päivittää kuvat suunnittelun ollessa käynnissä. (Kaakinen 28.10.2013, haastattelu)

Asentajien kokemus oli, että törmäyksiä on työmaalla vähemmän. Työjärjestyksien sopiminen ja työvaiheiden suunnittelu mallin avulla koettiin hyväksi toimintatavaksi.

### **Suunnitteluohjeet**

Kaikilla suunnittelutoimistoilla oli mallinnusohjeistuksena käytössä Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Muita sisäisiä ohjeita ei ollut. Suunnittelusopimuksissa sovitaan mahdollisesti tarvittavat rajaukset.

### **Mallintamisen vaikutukset suunnittelun työmäärään**

Tutkimuksessa haluttiin selvittää mallinnuksen vaikutuksia suunnittelun työmäärään. Tämä riippuu hyvin paljon suunniteltavasta kohteesta. Joissakin asioissa mallintaminen helpottaa suunnittelijan työtä, kuten tilojen hahmottamisessa. Tärkeä asia on, että heti suunnittelun alkuvaiheessa sovitaan muiden suunnittelualojen kanssa käytettävät reitit ja korot.

*Kyllä se helpottaa hahmottamista, esimerkiksi porrashuoneet, valaistukset yms.*

Mallintamisessa eniten työllistää korkomaailman miettiminen. Normaalissa 2D-suunnittelussa korkoja ei tarvitse niin paljon miettiä. Nyt jokainen komponentti on piirrettävä tarkalleen oikeaan korkoon ja niiden liittynät täytyy tuoda oikeisiin kohtiin. (Ollikainen 22.10.2013, haastattelu)

*Mallinnussuunnittelu vie sen 30 % enemmän aikaa, kuin 2D-suunnittelu.*

Yhtenä hyötynä mallinnuksesta on, että alakattokuvat tai vähintään alakaton ruutujako on saatava sovituksi paljon normaalia aiemmassa vaiheessa. Korkomaailma ei ole tässä niin tärkeä, mutta ruutujen on oltava kohdillaan. Jos alakaton ruutujako muuttuu, se vaikuttaa päätelaitteisiin ja valaisimiin välittömästi. (Tuohimaa 22.10.2013, haastattelu)

### **Mallinnuksen kustannukset**

Koska mallintaminen on perinteistä tapaa työläämpi suunnitteluvaihtoehto, on se myös hinnaltaan arvokkaampaa. Lopulliset kustannukset riippuvat suunniteltavasta kohteesta ja suunnittelijasta. Yhtenäinen arvio oli, että mallintaminen on 20 - 30 % kalliimpi suunnitteluvaihtoehto perinteiseen verrattuna.

### **Laitetoimittajan vaihtamisesta aiheutuvat muutostyöt**

MagiCAD sisältää tuotekirjastoja, joissa on useiden yleisimpien laitevalmistajien tuotteita. Näitä ovat esimerkiksi valaisimet, kaiuttimet, ilmastointilaitteistot, venttiilit, toimilaitteet, palopellit, vesikalusteet yms. Yleinen toimintamalli on mallintaa laitteistoja tuotekirjastojen valmiilla osilla, koska niissä ovat mitoitusarvot valmiina. Mikäli rakennuskohteen laitetoimittaja on tiedossa jo suunnitteluvaiheessa, voidaan mallinnus tehdä alusta alkaen sen omilla tuotekirjastoilla ja jo valituilla laitteilla. Joissakin suunnittelu-kohteissa ei saa käyttää kenenkään tietyn valmistajan laitteita. Tämä määritellään suunnittelun alkuvaiheessa ja on yleinen toimintamalli julkisessa rakennuttamisessa. Silloin mallinnetaan universaaleilla komponenteilla. (Mehtälä 28.10.2013, haastattelu)

Jos urakoitsija vaihtaa laitetoimittajaa, myös malli joudutaan päivittämään. Tämä aiheuttaa suunnittelijalle lisätyötä. Sähkösuunnittelijalle tämä ei ole kova työ. Valaisintyyppit voidaan vaihtaa kirjastosta kaikkiin samantyyppisiin valaisimiin helposti. Mittatietoja saattaa joutua tarkistamaan. Sen sijaan LVI-suunnittelulle tämä voi teettää paljonkin työtä. Eri toimittajien komponentit voivat olla erimallisia ja -kokoisia. Parhaimmillaan laitetoimittaja voidaan vaihtaa valitulle alueelle muuntokäskyllä. Jos päätelaite on neliskanttinen ja toisen toimittajan vastaava on pyöreä, laitteet voidaan joutua vaihtamaan tietomalliin yksi kerrallaan. Myös laitteeseen liittyviä putkia voidaan joutua muokkaamaan.

### **Reikävaraustoimintojen käyttö**

Mallintamalla suunniteltaessa on mahdollista merkitä talotekniikan vaatimien läpimenot ja reiät suunnitelmiin automaattisesti. Talotekniikan suunnitteluohjelmissa on tähän tarkoitukseen kehitetty toiminto. YTV 2012 voidaan valita kolmesta erilaisesta toimintatavasta kohteeseen sopiva. Tämä toimintatapa on kuitenkin alalla uusi ja kokemukset sen käytöstä ovat sekavat. Jos toimintoja aiotaan käyttää, on mallin oltava todella hyvä ja moneen kertaan tarkastettu.

Pohjantien koulussa oli onnistuttu hyvin reikäkuvien teossa. Kokemus oli, että työmaat tarvitsevat edelleen paperiset reikäkuvat, vaikka reikien paikat olisi saatavissa suoraan mallista. Oulun kohteessa reikävaraustoimintoja ei käytetty, koska suunnitelmat olivat vasta alkuvaiheessa kun elementtitehdas jo tarvitsi reikien paikkatiedot. (Korhonen 22.10.2013, haastattelu)

*Tekniikkasuunnittelija tekee reikävarausobjektit ja rakennesuunnittelija tuottaa paperikuvat.*

*Paras vaihtoehto olisi, jos mittamies poimisi reiät suoraan mallista. Näin säästyttyisiin paperikuvien teolta.*

### **Tietomallien käyttö työmailla**

Suurin malleista saatava hyöty työmaan näkökulmasta on havainnollistaminen. Mallia voidaan katsella ohjelmalla, sitä voidaan leikata, siitä voidaan ottaa mittoja ja piilottaa haluttuja osia. Mallista katsomalla voidaan sopia asennusjärjestyksiä, suunnitella hankalien paikkojen asennuksia ja tarkastaa komponenttien korkoja. Ohjelmalla voidaan ottaa kuvia valituista näkymistä asennuksia vasten. Näitä voidaan tulostaa asentajien käyttöön. Tämä vähentää tarvittavien leikkauskuvien määrää. Liitteenä 3 on Oulussa rakenteilla olevan kohteen iv-huoneen kaapelihyllyasennuksia varten tehty kuvakokoelma. (Komulainen 30.10.2013, haastattelu)

Mallinnusohjelmien käyttäjät ovat sekä työnjohtajia että asentajia. Kuopiossa talotekniikan kärkeimiehet olivat itse käyttäneet ohjelmaa ja heillä oli ollut oma tietokone mallin katselua varten. Kone oli sijainnut mestarin kopissa. Toivomuksena oli, että seuraavalla työmaalla kone voisi olla kahvikopissa omalla pöydällä. Näin mallia voisi pyöritellä vielä enemmän. Oulun kohteessa asentajat eivät käyttäneet ohjelmaa. (Valen 22.10.2013, haastattelu)

Mallinnetun kohteen toteutuksessa on tärkeä saada kaikki talotekniikan toimialat sitoutumaan mallinnuksen mukaiseen toteutukseen. Yleinen toimintamalli urakoinnissa on, että ensimmäisenä asennuksen tekevä käyttää selkeimmät reitit. Muut toimialat väistelevät omilla asennuksillaan parhaansa mukaan. Mallin mukaisessa asennuksessa kaikkien on noudatettava tarkasti suunnitelmia. Näin vältetään yhteentörmäyksiltä, jotka aiheuttavat turhaa työtä ja ylimääräisiä kustannuksia.

Työmailla on otettu käytäntö pitää törmäyspalavereita. Niihin osallistuvat talotekniikan työnjohto, eri alojen kärkimiehet ja rakennusliikkeen työnjohtaja. Palavereita pidetään kerran viikossa ja niissä suunnitellaan tulevia asennuksia ja alueita muutama viikko eteenpäin. Mallista katsotaan ahtaita paikkoja ja vertaillaan niitä paperikuviin. Palaverissa sovitaan keskinäiset asennusjärjestykset talotekniikan ja rakennusliikkeen välillä. Tällainen toimintamalli on havaittu erittäin hyväksi. Asentajien kokemus oli, että palaveriin käytetty aika tulee moninkertaisesti takaisin asennuksien sujuvuuden takia.

### **Määrälaskenta tietomalleista**

Tietomalleja käytetään myös määrälaskentaan. Ohjelmien avulla suunnitelmista ja malleista voidaan ottaa tarkkoja määräluetteloita. Mikäli mallit on jaettu lohkoittain ja kerroksittain, saadaan myös määräluettelot aluittain listattuina. MagiCADilla on joissakin tapauksissa Solibria helpompi rajata alueita joilta massoja otetaan. Paras lopputulos saadaan hyödyntämällä molempia ohjelmia.

Määriä voidaan käyttää karkeamassoitteluun, urakan laskentaan ja tavarantilaukseen. Tietty tavara voidaan tilata halutulle alueelle täsmälleen oikeana määränä. Toimituksen saapuessa se voidaan kuljettaa suoraan asennusalueelle.

Joissakin Kuopion kohteissa oli ollut ongelmia määriä otettaessa. Mallissa valitut putket eivät olleet sisältäneet kokotietoa, vaan halkaisijat oli jouduttu haarukoimaan korko-asemien perusteella. Myös eristeiden tyyppitiedot olivat olleet puutteellisia.

### **Tietomallien käyttö aikataulutukseen**

Talotekniikan tietomalleja ei ole vielä käytetty aikataulutukseen. Aihetta oli mietitty ja se herätti kiinnostusta, aikataulutusta mallin avulla kannattaisi kehittää. Iv-asennusten aikataulutusta ja seuraaminen mallin avulla voisi olla hyvä kokeilu. Sen sijaan sähkön seuraaminen voi olla jo huomattavasti haastavampaa.

### **Tietomalli ja toteumamalli**

Yhdessäkään kohteessa ei ole tehty vertailuja tietomallin ja toteutuneiden asennuksien välillä. Virallisia toteumamalleja ei suunnittelijoiden mukaan ole tehty. Niitä ei ole myöskään vaadittu. Jos punakynäversioita on tullut, niihin ei ole merkattu korkotietoja. Yksi arvio on, että tietomalli vastaa todellisuutta 90 % tarkkuudella. On tietenkin hyvä

pohtia, mitkä ovat riittävät toleranssit mallin ja todellisuuden välillä. Jos järjestelmät toimivat ja mahtuvat niille suunniteltuihin tiloihin, puolen metrin suunta- poikkeamalla ei ole mitään merkitystä.

#### 4.4 Kehitysideat

Yhtenä tutkimuksen osana tietomallien kanssa työskenteleviltä henkilöiltä kysyttiin mahdollisia kehitysideoita ja parannusehdotuksia ohjelmiin tai toimintatapoihin. Vastauksista ilmeni, että ohjelmistoissa on vielä paljon kehitettävää. Suunnittelijat olivat esittäneet parannusehdotuksia suoraan ohjelmistovalmistajalle, joten kehitystyö on jatkuvasti käynnissä.

##### Suunnitteluun liittyvät ideat

- Valmiin tietomallin mukana tulisi suunnittelijan tekemä täydellinen massalista koko rakennuksesta tai jostakin sen osasta.
- Reikävaraustoimintoja tulisi kehittää varmemmin toimiviksi.
- MagiCADissa piirrettyjen kappaleiden korkojen muokkaaminen on hankalaa. Korkojen muokkaamista tulisi kehittää helpommin käytettäväksi.
- Suunnitteluvaiheessa valaisimien korkoasema voitaisiin sitoa alakaton korkoon. Näin muutostilanteessa valaisimet liikkuisivat alakaton mukana.
- MagiCADin halutaan tallentavan sellaiseen tallennusmuotoon, että Navisworks osaisi lukea sen käyttämää tiedostoa suoraan, ilman välissä vaadittavaa tiedostojen muuntoa.
- Suunnitelmiin voitaisiin mallintaa myös sähkökalusteet kuten pistorasiat, kytkimet, atk-pisteet yms. Laskentavaiheessa mallista voitaisiin ottaa massat universaaleina komponentteina. Kuopiossa on kehitetty Excel-ohjelma jolla lasketuista kalusteista saadaan purettua sen tarvitsemat osat.
- Suunnitelmissa olisi hyvä eritellä eri pistorasiatyypit, kuten kouru, pinta, väri, materiaali yms.

##### Muut ideat

- Solibrin käyttöliittymä haluttaisiin helpommin käytettäväksi.
- Työmaalla olisi tablettitietokone, jossa mallinnusohjelma.

## 5 POHDINTA

Talotekninen tietomallinnus on selkeästi kasvava ja tulevaisuudessa lisääntyvä tapa suunnitella rakennushankkeita. Senaatti-kiinteistöjen vaatimus on jo tällä hetkellä, että kohteet suunnitellaan aina mallintamalla. Myös muut tilaajat ja rakennuttajat ovat kiinnostuneita tästä uudesta toimintatavasta.

Tietomallinnus on hyvässä maineessa rakennusalalla. Se on tullut jäädäkseen ja on monien mielestä ainut oikea tapa tehdä suunnittelua. Yhä useammat suunnittelutoimistot ovat kiinnostuneita mallinnuksella tehtävän suunnittelun mahdollisuuksista. Talotekniikan työnjohtajien ja asentajien toivomus on, että myös jatkossa mahdollisimman useat kohteet olisivat mallinnettuja.

Opinnäytetyössä laadittiin yhteenveto tietomallinnuksen vaikutuksista suunnitteluprosessiin ja sen käytöstä työmailla. Haastatteluissa tuli ilmi paljon sellaista tietoa mitä ei ole missään kirjallisessa muodossa. Koska ala on muutenkin uusi, kirjallisia lähteitä on haastava löytää. Työn tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska ne on kerätty usealta alan ammattilaiselta. Työhön asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin, käyttäjiltä saatiin paljon palautetta ja ideoita. Lemminkäisen kannattaa jatkossakin toteuttaa kohteiden suunnittelua mallintamalla, koska toimintatapa yleistyy ja rakennuttajien kiinnostus mallintamisen käyttöön kasvaa.

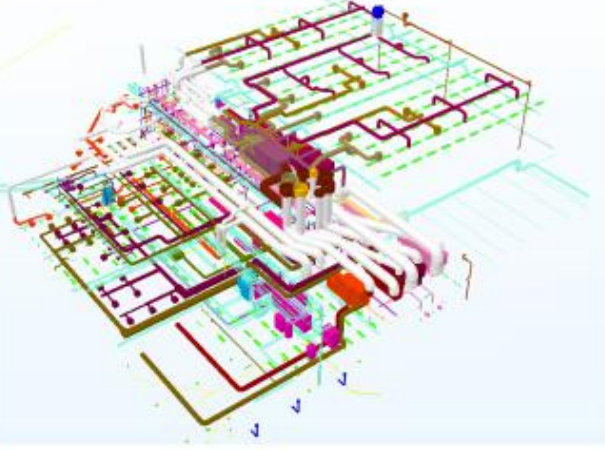
## LÄHTEET

- Granlund Kuopio Oy 2013. Lemminkäinen PPP:n Kuopion elinkaarihankkeiden tietomallit. Kuopio.
- Halonen, Jani, projektipäällikkö, sähkö, Lemminkäinen Talotekniikka Oy, Kuopio. Haastattelu 21.10.2013.
- Jussila, Lauri 2012. Talotekninen tietomallinnusohjeistus. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu, Helsinki.
- Kaakinen, Markku, toimitusjohtaja/LVI-suunnittelija, LVI-insinööritoimisto Plan-Air Oy, Oulu. Haastattelu 28.10.2013.
- Karppinen, Annikki, kehityspäällikkö, Lemminkäinen Talo Oy, Helsinki. Haastattelu 9.10.2013.
- Kattelus, Anssi 2013. Tietomallintaminen sairaalarakennuksen sähkösuunnittelussa. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu, Kuopio.
- Kettunen, Kalle 2011. Tietomallin käyttö määrälaskennassa. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu, Kuopio.
- Komulainen, Sauli, asennuspäällikkö, sähkö, Lemminkäinen Talotekniikka Oy, Oulu. Haastattelu 30.10.2013.
- Korhonen, Petri, ryhmäpäällikkö/LVI-suunnittelija, Granlund Kuopio Oy, Kuopio. Haastattelu 22.10.2013.
- Lemminkäinen PPP Oy. Kastellin monitoimitalon tietomallit ja muut suunnitelmat 2013. Oulu.
- MagiCAD www-sivut 2013. Progman Oy. Hakupäivä 18.10.2013. <<http://www.magicad.com/fi>>
- Mattila, Mikko, työnjohtaja, IV, Lemminkäinen Talotekniikka Oy, Kuopio. Haastattelu 22.10.2013.
- Mehtälä, Tapio, projektipäällikkö/sähkösuunnittelija, Airix Talotekniikka, Oulu. Haastattelu 28.10.2013.
- Mäkinen, Anne 2013. Tietomalli ja siitä saatavat työmaaraaportit rakennushankkeen urakoitsijan näkökulmasta. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere.
- Mäläskä, Mikko 2011. Elinkaarihankkeen ylläpitomalli. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere.
- Nawisworks www-sivut 2013. Autodesk Oy. Hakupäivä 25.10.2013. <<http://www.autodesk.fi/products/autodesk-navisworks-family/overview>>
- Ollikainen, Toni, ryhmäpäällikkö/sähkösuunnittelija, Granlund Kuopio Oy, Kuopio. Haastattelu 22.10.2013.
- RYM Oy:n www-sivut 2013. Hakupäivä 14.10.2013. <<http://www.rym.fi/>>
- Solibri Oy:n www-sivut. Hakupäivä 18.10.2013. <<http://www.solibri.fi/>>
- Tuohimaa, Jani, projektipäällikkö/LVI-suunnittelija, Granlund Kuopio Oy, Kuopio. Haastattelu 22.10.2013.
- Valen, Olli-Pekka, sähköasentaja, Lemminkäinen Talotekniikka Oy, Kuopio. Haastattelu 22.10.2013.
- Varstala, Matti, suunnittelujohtaja, Lemminkäinen Talo Oy, Helsinki. Haastattelu 9.10.2013.
- Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4. Talotekninen suunnittelu. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 10. Energia-analyysit. Rakennustieto Oy, Helsinki.



**LIITTEET**

- Liite 1. Kastellin monitoimitalon sähkösuunnittelun tietomalliselostus
- Liite 2. Haastattelukysymykset
- Liite 3. Kuvakokoelma, Kastellin monitoimitalo

Tietomalliselostus	SÄH
Havainnolliskuva kohteesta	
Suunnittelukohde	<b>KASTELLIN MONITOIMITALO, Oulu</b>
Suunnitteluvaihe	Työpiirustusvaihe T1
Tietomalliselostuksen päiväys	26.8.2013
Mallitiedostot	KMT(1)-SAH.ifc (IFC 2x3) KMT(2)-SAH.ifc (IFC 2x3) KMT(3)-SAH.ifc (IFC 2x3) KMT(4)-SAH.ifc (IFC 2x3)
Muutospäiväys	
Yritys	Ins. tsto Sähkötele Oy, Kauppurienkatu 33, 90100 Oulu
Tietomalliyhteyshenkilö	Tapio Mehtälä
Yhteyshenkilön sähköposti	<a href="mailto:tapio.mehtala@sahkotele.fi">tapio.mehtala@sahkotele.fi</a>
Yhteyshenkilön puhelinnumero	040-7406 729
Kohteen vastuullinen sähkö-suunnittelija	Tapio Mehtälä
Kohteen projektipäällikkö	Tapio Mehtälä
Käytettävät ohjelmistot	AutoCad 2013, MagiCad Electrical 2012.4 sovellus, jolla on laadittu ja talletettu IFC 2x3 tiedostot
Lisätietoja, huomioita	

#### Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista

Ins. tsto Sähkötele Oy, Kauppurienkatu 33, 90100 Oulu

2 (6)

Nimikkeistö / Käytettävät kuvatasot	<p>Nimikkeistönä käytetään S2000 nimikkeistöä, joka on osa Talo 2000 nimikkeistöä.</p> <p>Rakennuksen sähkömallit on jaettu lohkoittain.</p> <p>Käytetyt kuvatasot:</p> <p>E-H101-21 = Kaapelihiyllyt  E-H102-26 = Johtokanavat  E-H103-25 = Lattiarasiat ja -kanavat  E-H104-23 = Valaisinripustuskiskot  E-H104-25 = Kosketinkiskot  E-H2_-1 = 20 kV laitteet  E-H202-1 = Keskukset  E-H205-1 = UPS laitteet  E-H301-1 = LVI-järjestelmien sähköistys  E-H501-5 = Valaisimet  E-H506- = Poistumisopastevalaisimet  E-H506- = Poistumisreitivalaisimet  E-AV-J202-8 = Kaiuttimet  E-J201-1 = Antennikeskuslaitteet  E-J202-1 = Äänentoistonkeskuslaitteet  E-SI-J305-8 = Aikakellolaitteet  E-J402-1 = Kulunvalvonnan keskuslaitteet  E-J403-1 = Rikosilmoituksen keskuslaitteet  E-J405-1 = Kameravalvonnan keskuslaitteet  E-J407-1 = Paloilmoituksen keskuslaitteet  E-J501-1 = Yleiskaapeloinnin keskuslaitteet</p> <p>Malli kohdistuu koko rakennukseen. Lähtötilanteena on käytetty saatavilla olevia arkkitehtipohjapiirustuksia.</p> <p>Tekniikkaosat on mallinnettu nimellismitoilla yleisten mallinnusohjeiden mukaisesti.</p>	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen, referenssikuva liitetty *0,0,0	
Kerrosten lattian absoluuttinen korkoasema	1. kerros 2. kerros ullakkokerros	+ 14.000 + 17.800 + 21.700
IFC-tiedostojen tekotapa	YTV 2012 Osan 4, kappaleen 2.4.1 vaihtoehto 1:n mukaisesti Tallennettu MagiCad 2011.11 ohjelmalla	
Mallin vaihe	<p><b>19.6.2012 Lohko 1 Alustava.</b>  Lohko 1 Kaapelihiyllyreitit (pääosin)  Lohko 1 Valaisimet (pääosin)  Lohko 1 Keskuslaitteet (pääosin)  <b>31.7.2012 Lohko 1 Alustava.</b>  Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  Lisätty valaisimia ja poistettu osa tate risteilyistä  <b>14.8.2012 Lohko 1 ja 2 Alustava.</b>  Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:</p>	

Lisätty keittiön valaisimet  
Lohko 2, Kaapeliyhlyreitit (pääosin)  
Lohko 2, Valaisimet (pääosin)  
Lohko 2, Keskuslaitteet (pääosin)  
**28.8.2012 Lohko 1 ja 2 Alustava.**  
Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty kaiuttimia, poistumistievalaisimia ja johtokanavia  
Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:  
Kirjaston osuutta täydennetty  
**4.9.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis.**  
Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty kaiuttimia, poistumistievalaisimia, johtokanavia, lattiarasioita ja lisätty sekä muutettu kaapeliyhlyjä  
**11.9.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 alustava.**  
Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  
Poistettu risteilyjä.  
Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty kaiuttimia, poistumistievalaisimia, johtokanavia, lattiarasioita ja lisätty sekä muutettu kaapeliyhlyjä  
**24.9.2012, Lohko 2 alustava.**  
Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty valaisimia, kaiuttimia, poistumistievalaisimia, johtokanavia ja lisätty sekä muutettu kaapeliyhlyjä  
Poistettu risteilyjä.  
**08.10.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava.**  
Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  
Päivitetty kerhotilat, kotitalous ja VSS 4.  
Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty valaisimia, kaiuttimia, poistumistievalaisimia, johtokanavia, lattiarasioita ja lisätty sekä muutettu kaapeliyhlyjä  
Lohko 3: kaapeliyhlyt ja keskuslaitteet pääosin mallinnettu  
**22.10.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava.**  
Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  
Poistettu sähkön ja Lvi:n välisiä risteilyjä.  
Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty kaiuttimia, poistumistievalaisimia ja lisätty sekä muutettu kaapeliyhlyjä  
Poistettu sähkön ja Lvi:n välisiä risteilyjä.  
Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty valaisimia, kaapeliyhlyjä ja keskuslaitteita  
**5.11.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava.**  
Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon:  
Poistettu risteilyjä.  
Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:  
Poistettu risteilyjä.  
Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon:  
Lisätty valaisimia, kaapeliyhlyjä, johtokanavia, kelloja, kaiuttimia ja poistumistievalaisimia.

<p><b>19.11.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Lisätty valaisimia, kaapelihyllyjä, johtokanavia, kelloja, kaiuttimia ja poistumistievalaisimia.</p> <p><b>2.12.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Lisätty valaisimia, kaiuttimia ja poistumistievalaisimia.</p> <p><b>17.12.2012 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Lisätty valaisimia ja kaiuttimia.</p> <p>Lohko 4: kaapelihyllyt ja keskuslaitteet pääosin mallinnettu</p> <p><b>7.1.2013 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Lisätty valaisimia, kaapelihyllyjä, johtokanavia, kelloja, kaiuttimia ja poistumistievalaisimia.</p> <p><b>21.1.2013 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä.</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Lisätty valaisimia, kaapelihyllyjä, johtokanavia, kelloja, kaiuttimia ja poistumistievalaisimia.</p> <p><b>4.2.2013 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Käytävävalaistuksia muutettu ja AV kaapelireittejä lisätty.</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon:</p>
--

	<p>Käytävä- ja kattoikkunoiden valaistuksia muutettu.</p> <p><b>25.2.2013 Lohko 1 Tietomalli valmis, Lohko 2 pääosin valmis, Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, valaisimia muutettu, av- ja lvi- kaapelireittejä muutettu ja lisätty</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, valaisimia muutettu, av- ja lvi- kaapelireittejä muutettu ja lisätty</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, valaisimia muutettu, av- ja lvi- kaapelireittejä muutettu ja lisätty</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, päivitetty ark. pohjamuutoksia</p> <p><b>18.3.2013 Lohko 1 ja 2 Tietomalli valmis, Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, lisätty a-salin huoltosiltojen valaisimia ja johtoteitä, av- ja lvi- kaapelireittejä muutettu ja lisätty</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, lisätty ulkokatos- ja ulkoseinävalaisimia</p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, av-kaapelireittejä muutettu ja lisätty</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, päivitetty ark. pohjamuutoksia</p> <p><b>2.4.2013 Lohko 1 ja 2 Tietomalli valmis</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä</p> <p><b>15.4.2013 Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, av-kaapelireittejä muutettu ja lisätty</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, päivitetty ark. pohjamuutoksia</p> <p><b>29.4.2013 Lohko 3 alustava, Lohko 4 alustava.</b></p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, av-kaapelireittejä lisätty</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, päivitetty ark. pohjamuutoksia</p> <p><b>13.5.2013 Lohko 3 ja 4 Tietomalli valmis.</b></p> <p>Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, av-kaapelireittejä lisätty. Teknisen työn ja Sali d:n asennukset lisätty, ulkovalaisimet lisätty</p> <p>Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, päivitetty ark. pohjamuutoksia, av-kaapelireittejä lisätty. Auditorion asennukset lisätty, ulkovalaisimet lisätty</p> <p><b>10.6.2013 Lohkot 1, 2, 3 ja 4 Tietomalli valmis.</b></p> <p>Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: AV:n johtoteitä muutettu, alakattojen asennuksia muutettu</p> <p>Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, AV:n johtoteitä muutettu</p>
--	--

	Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä, AV:n johtoteitä muutettu Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä <b>26.8.2013 Lohkot 1, 2, 3 ja 4 Tietomalli valmis.</b> Lohko 1:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä Lohko 2:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä Lohko 3:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä Lohko 4:n muutokset edelliseen versioon: Poistettu risteilyjä
Mallin tarkkuus	YTV 2012, Osan 4, Liitteen 1 mukainen
Poikkeukset tarkkuustasosta:	
Mallin tieto sisältö	YTV 2012, Osan 4, Liitteen 1 mukainen
Poikkeukset tietosisällöstä:	
Alueet jotka eivät ole törmäystarkastelukelpoisia	
Muuta huomioitavaa	

## Mallinnuksen käyttökokemuksia

Heikki Penninkangas

Talotekniikan suunnittelijoille esitettävät haastattelukysymykset:

### 1.) Perustiedot

- Haastattelupaikka ja aika
- Haastateltavan nimi
- Tehtävänimike
- Toimenkuva
- Yritys

### 2.) Tietomallinnus

- Kuinka kauan olet ollut tekemisissä tietomallien kanssa?
- Mitä mieltä olet tietomallinnuksesta?
- Oletko kouluttautunut erikseen mallinnussuunnitteluun?
- Mitä ohjelmia käytät?
- Käytätkö itse mallin tarkastusohjelmia?
- Oletko laatinut itse mallin tarkasteluun säännöstöjä?
- Kuinka paljon suunnitelmien laadussa on eroa mallintamalla suunnitellun tai perinteisesti suunnitellun kohteen välillä?

### 3.) Tietomallin käyttö suunnittelussa

- Onko yrityksessä käytössä muita ohjeita tietomallipohjaiseen suunnitteluun kuin YTV 2012?
- Kuinka monta kohdetta olet suunnitellut mallintamalla?
- Kuinka paljon mallintaminen helpottaa suunnittelua?
- Kuinka paljon mallintaminen työllistää suunnittelua?
- Onko kohteissasi käytetty mallinnuksen mahdollistamia reikäva-  
raustoimintoja, jos on niin mitkä ovat kokemukset?
- Mitkä ovat mallintamalla suunnitellun kohteen todelliset kustan-  
nukset verrattuna perinteiseen suunnittelutapaan?
- Millaista palautetta olet saanut työmaan suunnalta?
- Onko valmistuneissa kohteissa tehty vertailua tietomallin ja lopul-  
listen asennusten välillä?
- Jos suunnitelmiin on valittu jonkun toimittajan kirjastoista tuote,  
mutta urakoitsija vaihtaa sen eri toimittajan vastaavaan, kuinka  
työläs prosessi on vaihtaa tietomallin tuotteet todellisuutta vastaa-  
viksi?



## Mallinnuksen käyttökokemuksia

Heikki Penninkangas

Talotekniikan työnjohdolle esitettävät haastattelukysymykset:

### 1.) Perustiedot

- Haastattelupaikka ja aika
- Haastateltavan nimi
- Tehtävänimike
- Toimenkuva
- Yritys

### 2.) Tietomallinnus

- Kuinka kauan olet ollut tekemisissä tietomallien kanssa?
- Mitä mieltä olet tietomallinnuksesta?
- Oletko saanut koulutusta ohjelmistojen käyttöön?
- Mitä ohjelmia käytät?
- Käytätkö itse mallin tarkastusohjelmia?
- Oletko laatinut itse mallin tarkasteluun säännöstöjä?
- Oletko huomannut suunnitelmien laadussa eroa mallintamalla suunnitellun tai perinteisesti suunnitellun kohteen välillä?

### 3.) Tietomallin käyttö työmaalla

- Oletko käyttänyt tietomallia työmaan hoidossa?
- Monellako työmaalla olet käyttänyt tietomallia?
- Miten olet käyttänyt tietomallia hyväksi?
- Oletko ottanut määriä tietomallista?
- Oletko tyytyväinen määrälaskennan tarkkuustasoon?
- Oletko käyttänyt tietomallia hyväksi aikataulutuksessa tai aikataulun seurannassa?
- Onko työmailla pidetty talotekniikan kesken ”törmäyspalavereita”, eli suunniteltu tulevien asennusten toteutusta ja asennusjärjestystä tietomallin avulla?
- Onko sinulla ideoita kuinka tietomallinnusta voitaisiin hyödyntää vielä nykyistä tehokkaammin?

## Mallinnuksen käyttökokemuksia

Heikki Penninkangas

Talotekniikan asentajille esitettävät haastattelukysymykset:

### 1.) Perustiedot

- Haastattelupaikka ja -aika
- Haastateltavan nimi
- Tehtävänimike
- Toimenkuva
- Yritys

### 2.) Tietomallinnus

- Kuinka kauan olet ollut tekemisissä tietomallien kanssa?
- Mitä mieltä olet tietomallinnuksesta?
- Oletko käyttänyt ohjelmia itse?
- Kuka on käyttänyt ohjelmia?
- Oletko huomannut suunnitelmien laadussa eroa mallintamalla suunnitellun tai perinteisesti suunnitellun kohteen välillä?

### 3.) Tietomallin käyttö työmaalla

- Monellako työmaalla tietomallia on käytetty?
- Miten tietomallia on käytetty hyväksi?
- Onko mallinnussuunnittelussa huomioitu asennusvaroja ja asennettavuutta?
- Onko tietomallista otettu määriä?
- Onko tietomallia käytetty hyväksi aikataulutuksessa tai aikataulun seurannassa?
- Onko työmailla pidetty talotekniikan kesken ”törmäyspalavereita”, eli suunniteltu tulevien asennusten toteutusta ja asennusjärjestystä tietomallin avulla?
- Onko sinulla ideoita kuinka tietomallinnusta voitaisiin hyödyntää vielä nykyistä tehokkaammin?

1-lohko 2krs. iv-huone		
Mallin nimi	KMT yhdistelmämalli	
Tarkastaja	Heikki Penninkangas	
Organisaatio	Lemminkäinen Talotekniikka Oy	
Aika	6.6.2013 12:10	
KMT(1)-ARK (ARK 1)	Aika: 2013-05-27 13:18:48 Sovellus: AutoCAD Architecture 2012 IFC: IFC2X3	
KMT(2)-ARK (ARK 2)	Aika: 2013-05-27 13:32:02 Sovellus: AutoCAD Architecture 2012 IFC: IFC2X3	
KMT(3)-ARK (ARK 3)	Aika: 2013-05-27 17:41:55 Sovellus: AutoCAD Architecture 2012 IFC: IFC2X3	
KMT(4)-ARK (ARK 4)	Aika: 2013-05-27 14:20:16 Sovellus: AutoCAD Architecture 2012 IFC: IFC2X3	
KMT(2)-RAK (RAK 2)	Aika: 2011-07-12 17:19:12 Sovellus: Tekla Structures IFC: IFC2X3	
KMT(1)-SAH (SAH 1)	Aika: 2013-04-02 12:05:56 Sovellus: MagiCAD-E 2012.4 IFC: IFC2X3	
KMT(1)-RAK (RAK 1)	Aika: 2011-07-12 17:19:12 Sovellus: Tekla Structures IFC: IFC2X3	
KMT(3)-RAK (RAK 3)	Aika: 2011-07-12 17:19:12 Sovellus: Tekla Structures IFC: IFC2X3	
KMT(2)-SAH (SAH 2)	Aika: 2013-04-02 14:54:05 Sovellus: MagiCAD-E 2012.4 IFC: IFC2X3	
KMT(1)-LVI-ILMA (ILMA 1)	Aika: 2013-05-28 09:01:16 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3	
KMT(1)-LVI-VESI (VESI 1)	Aika: 2013-04-15 16:24:16 Sovellus: MagiCAD HPV 2012.11 IFC: IFC2X3	
KMT(1)-LVI-LÄMPÖ (LÄMPÖ 1)	Aika: 2013-04-15 16:09:50 Sovellus: MagiCAD HPV 2012.11 IFC: IFC2X3	
KMT(2)-LVI-ILMA (ILMA 2)	Aika: 2013-04-15 15:54:33 Sovellus: MagiCAD HPV 2012.11 IFC: IFC2X3	
KMT(2)-LVI-VESI (VESI 2)	Aika: 2013-04-15 16:20:23 Sovellus: MagiCAD HPV 2012.11 IFC: IFC2X3	
KMT(4)-RAK (RAK 4)	Aika: 2011-07-12 17:19:12 Sovellus: Tekla Structures IFC: IFC2X3	
KMT(2)-LVI-LÄMPÖ (LÄMPÖ 2)	Aika: 2012-10-23 09:23:14 Sovellus: MagiCAD HPV 2012.4 IFC: IFC2X3	
KMT(3)-LVI-VESI (VESI 3)	Aika: 2013-05-28 08:55:04 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3	
KMT(3)-SAH (SAH 3)	Aika: 2013-05-13 18:39:16 Sovellus: MagiCAD-E 2012.4 IFC: IFC2X3	
KMT(4)-LVI-VESI (VESI 4)	Aika: 2013-05-28 08:36:35 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3	
KMT(3)-LVI-ILMA (ILMA 3)	Aika: 2013-05-28 08:44:32 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3	
KMT(4)-LVI-ILMA (ILMA 4)	Aika: 2013-05-28 08:15:38 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3	

KMT(4)-LVI-LÄMPÖ (LÄMPÖ 4)	Aika: 2013-05-28 08:05:32 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3
KMT(3)-LVI-LÄMPÖ (LÄMPÖ 3)	Aika: 2013-05-28 08:51:48 Sovellus: MagiCAD HPV 2013.4 IFC: IFC2X3
KMT(4)-SAH (SÄH 4)	Aika: 2013-05-13 15:06:12 Sovellus: MagiCAD-E 2012.4 IFC: IFC2X3
P1 alueet (RU)	Aika: 2013-02-18 10:37:35 Sovellus: ArchiCAD-64 IFC: IFC2X3

### 1-lohko 2krs. iv-huone

